



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS  
HUMANOS EN AGUAS RESIDUALES PARA GENERAR BIOGÁS EN  
LOS POZOS DE OXIDACIÓN CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

**ALVITES VILLEGAS WILDER AMADO**

**ASESOR:**

**ING. LUIS FERNANDO CHAPOÑÁN RIMACHI**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN**

**PERU2017**

## DEDICATORIA

*En consideración a la vida y el amor a la naturaleza, muestro mi estima y especial consideración a mis hijos Delsin y Linton, por ser la razón y fuerza que motiva desarrollar nuestro crecimiento; consiente de la importancia de contar con un universo limpio y sano conservando su forma natural, me permito promover e invocar a generar una vida sana, limpia con todo lo que el universo proporciona, haciendo uso apropiado de los recursos naturales, a fin de generar una vida sostenible y armoniosa entre seres humanos y naturaleza.*

*Así mismo con la fe y bendición de Dios, que permitió a mis descendientes y padres me dieran la vida, gracias a ellos escribo estas palabras; a quien dedico mi especial afecto y estima con mucho amor como el que ellos llevan dentro de su ser.*

**Wilder**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a nuestro ser supremo por concedernos un universo lleno de vida y recursos para sobrevivir, a quien pido nos de salud e ilumine nuestras mentes para hacer uso razonable de los recursos protegiendo la vida en el planeta.*

*A mis hijos Delsin y Linton por haberles quitado momentos de compartir juntos, y privarlos de algunas necesidades; a mi esposa Irma Roxana por su forma de ser y ver las cosas, motivo de fuerza para seguir adelante y entender qué, todo tiene un propósito pensado en el futuro.*

*A mis padres Amado Alvites y Elisenda Villegas, por estar siempre a mi lado dándome ánimo y aliento incondicional apoyándome en los momentos que los necesito; a mis hermanos por sus buenos consejos de aliento y positivismo.*

*A aquellas personas que por su opinión hicieron que mi motivación tenga valor, fuerza y entusiasmo para seguir adelante.*

*A la Universidad Cesar Vallejo por llegar a nuestra ciudad y poner a disposición la carrera universitaria, de igual manera a los docentes por hacerme entender que las cosas tienen propósitos, explicando los temas a la vez compartiendo sus experiencias mostrando ejemplos de vida.*

**Wilder**

## **PRESENTACIÓN**

El estudio se aboca a la generación de energías alternativas utilizando como fuentes primarias los desechos orgánicos humanos los mismos que son un ente contaminante con un potencial energético no muy utilizado para lo cual es necesario determinar el efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos en aguas residuales para generar biogás en los pozos de oxidación Cajamarca, este estudio está descrito en seis capítulos y es como se describe:

**Capítulo I**, se plantea la introducción a la investigación haciendo referencia a la realidad problemática, así como se establecen investigaciones que analizan las mismas variables y se toman como antecedentes a este estudio, también se muestran las teorías relacionadas que se tomarán en cuenta, así como la formulación del problema la hipótesis y objetivos.

**Capítulo II**, se establece los aspectos metodológicos, el diseño de la investigación, así como las variables y su Operacionalización. Se presenta la población y muestra del estudio y la técnica e instrumentos de recolección de datos.

**Capítulo III**, se muestran los resultados más importantes obtenidos del desarrollo de la investigación los cuales hacen referencia a haber logrado alcanzar nuestros objetivos específicos, los detalles del cálculo y/o su explicación detallada de cómo se consiguieron se describen en los anexos.

**Capítulo IV**, se explican y se discuten los resultados de la investigación con los antecedentes presentados en el marco referencial.

**Capítulo V**, se presentan las conclusiones, de la investigación.

**Capítulo VI**, se presentan las recomendaciones, considerando una recomendación por cada conclusión lograda, se basa en las proposiciones que hará posible el éxito de la implementación.

**Capítulo VII**, denominado Referencias, involucra todo lo referente al material bibliográfico utilizado en todo el desarrollo de la tesis.



## ÍNDICE

Pagina del jurado .....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
Índice de tablas .....	xii
Índice de figuras .....	xiii
Índice de anexos .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCION.....	18
1.1. Realidad Problemática .....	18
1.1.1. Realidad Problemática Internacional .....	18
1.1.2. Realidad Problemática Nacional.....	22
1.1.3. Realidad Problemática Local .....	24
1.2. Trabajos Previos .....	25
1.2.1. Trabajos Previos Internacional.....	25
1.2.2. Trabajos Previos Nacional .....	27
1.2.3. Trabajos Previos Local.....	28
1.3. Teorías Relacionadas al Tema .....	29
1.3.1. La Técnica y Ciencia.....	29
1.3.1.1. Técnica .....	29
1.3.1.2. Ciencia.....	29
1.3.2. Base legal .....	30

1.3.3. Energías Alternativas o Limpias .....	30
1.3.3.1. Tipos de Energías Alternativas .....	31
1.3.3.1.1. Energía solar .....	31
1.3.3.1.2. Energía eólica.....	31
1.3.3.1.3. Energía a partir de la biomasa.....	31
1.3.3.1.4. Energía a partir del biogás.....	32
1.3.3.1.5. Energía mini hidráulica .....	32
1.3.3.1.6. Energía mareomotriz .....	32
1.3.3.1.7. Energía de carbono .....	32
1.3.3.1.8. Energía Geotérmica.....	32
1.3.3.1.9. Energía nuclear .....	33
1.3.3.2. Aguas Residuales.....	33
1.3.3.3. Digestión Anaerobia .....	33
1.3.3.3.1. Balance.....	34
1.3.3.3.2. Método Anaerobio .....	35
1.3.3.3.3. Método Aerobio .....	35
1.3.3.4. Biogás.....	35
1.3.3.4.1. Composición del biogás.....	36
1.3.3.4.2. Generación de Biogás .....	37
1.3.3.4.1. Propiedades energéticas del Biogás .....	37
1.3.3.4.2. Etapas Generación de Biogás .....	38
1.3.3.4.2.1. Hidrólisis o Licuefacción .....	38
1.3.3.4.2.2. Acidogénesis o Producción de Ácidos.....	38
1.3.3.4.2.3. Acetogénesis.....	39
1.3.3.4.2.4. Metanogénesis .....	39
1.3.3.4.3. Ventajas de Biogás.....	39
1.3.3.4.4. Desventajas del Biogás .....	40

1.3.3.4.5. Temperatura de Generación de Biogás .....	40
1.3.3.4.6. pH de los Desechos Orgánicos .....	40
1.3.3.4.6.1. Método 1, Corrección del pH .....	40
1.3.3.4.6.2. Método 2, Corrección del pH .....	41
1.3.3.5. Biodigestor .....	41
1.3.3.5.1. Tipos de Biodigestores .....	41
1.3.3.5.1.1. Acorde a como se carga .....	41
1.3.3.5.1.2. Acorde a la Temperatura .....	42
1.3.3.5.1.3. Acorde a la Fermentación .....	42
1.3.3.5.1.4. Acorde a su Diseño .....	43
1.3.3.5.2. Parámetros de Operación .....	44
1.3.3.5.2.1. Temperatura .....	44
1.3.3.5.2.2. Agitación .....	44
1.3.3.5.2.3. Tiempo de Retención .....	44
1.3.3.5.2.4. Velocidad de Carga Orgánica .....	44
1.3.3.5.3. Potenciales y Rendimiento .....	45
1.3.3.5.4. Nivel de Carga .....	45
1.3.3.5.5. Nutrientes .....	46
1.3.3.6. Volumen .....	46
1.3.3.6.1.1. Volumen de un Cilindro .....	47
1.3.3.7. Presión de un Gas .....	47
1.3.3.8. Contaminación Ambiental .....	48
1.3.3.8.1.1. Efecto Invernadero .....	48
1.3.3.8.1.2. Gases de Invernadero .....	49
1.3.3.9. Método Estadístico .....	49
1.3.3.9.1. La Varianza .....	50
1.4. Formulación del Problema .....	50

1.5. Justificación del Estudio .....	50
1.5.1. Justificación Técnica .....	50
1.5.2. Justificación Económica .....	51
1.5.3. Justificación Social .....	51
1.5.4. Justificación Ambiental .....	52
1.6. Hipótesis .....	52
1.7. Objetivos .....	52
1.7.1. Objetivo General .....	52
1.7.2. Objetivos Específicos .....	53
II. METODO .....	54
2.1 Diseño de Investigación .....	54
2.2 Variables, Operacionalización .....	54
2.3 Población y muestra .....	56
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. 57	
2.5. Método de Análisis de datos. ....	57
2.6. Aspectos éticos .....	58
III. RESULTADOS .....	59
3.1 Determinar mediante cálculo la potencia de energía eléctrica generada a partir del biogás obtenido por efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos y su análisis de varianza. ....	59
3.1.1 Ubicación .....	59
3.1.2 Concentración de desechos orgánicos .....	59
3.2. Construir biodigestor de acuerdo al diseño en software CAD para generar biogás con los desechos orgánicos humanos en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca. ....	64
IV. DISCUSIÓN .....	77
V. CONCLUSIONES .....	80

VI.RECOMENDACIONES.....	82
VII.REFERENCIAS .....	83

## Índice de Tablas

Tabla N° 1: Concentracion de las muestras por niveles .....	56
Tabla N° 2: Muestras por niveles .....	56
Tabla N° 3: Cuadro matriz de evaluación .....	57
Tabla N° 4: Concentración muestral de la materia orgánica .....	69
Tabla N° 5: Costo de inversion .....	75
Tabla N° 6: Determinacion del VAN y TIR .....	76
Tabla N° 7: Ficha recolección de datos .....	88
Tabla N° 8: Ficha registro de datos en operación .....	89
Tabla N° 9: Resumen analisis de variancia bi factorial .....	95
Tabla N° 10: Varianza de las muestras en estudio .....	96
Tabla N° 11: Analisis de resultados mediante la varianza .....	98
Tabla N° 12: Costo general del proyecto .....	120
Tabla N° 13: Costo de suministro de material .....	121
Tabla N° 14: Costos manos de obra y operativos .....	122

## Índice de Figuras

Gráfico N° 1: Degradación biológica de la materia orgánica .....	33
Gráfico N° 2: Balance anaerobio de la materia orgánica.....	34
Gráfico N° 3: Balance aerobio de la materia orgánica .....	34
Gráfico N° 4: Composición del biogás .....	36
Gráfico N° 5: Equivalencias energéticas del biogás .....	36
Gráfico N° 6: Equivalencias del biogás con otras fuentes de energía .....	38
Gráfico N° 7: Factores que influyen en la degradación de la materia orgánica en digestores anaerobios .....	39
Gráfico N° 8: Reactor tipo bolsa .....	43
Gráfico N° 9: Reactor de flujo ascendente y manto de lodos .....	43
Gráfico N° 10: Cálculo del volumen de un cilindro .....	47
Gráfico N° 11: Lagunas de oxidación de la ciudad de Cajamarca.....	59
Gráfico N° 12: Efecto de la concentración de los desechos orgánicos humanos para generar biogás .....	61
Gráfico N° 13: Relación de la desviación estandar, varianza y media .....	63
Gráfico N° 14: Volumen de vacío y con carga de los biodigestores .....	65
Gráfico N° 15: Cálculo de volumen del prototipo biodigestor .....	66
Gráfico N° 16: Diseño del prototipo del biodigestor .....	66
Gráfico N° 17: Accesorios de PVC para construcción del biodigestor.....	67
Gráfico N° 18: Prototipo biodigestor construido.....	69
Gráfico N° 19: Carga de los biodigestores con desechos orgánicos .....	70
Gráfico N° 20: Verificación de la temperatura psicrófila o de operación.....	71
Gráfico N° 21: Control de pH.....	71
Gráfico N° 22: Producción de biogás conforme a las muestras .....	72
Gráfico N° 23: Medición de la cantidad de biogás producido .....	73
Gráfico N° 24: Período de recuperación conforme a flujos de caja .....	76
Gráfico N° 25: Plano de ubicación desarrollo del estudio.....	87
Gráfico N° 26: Prototipo de biodigestor .....	100
Gráfico N° 27: Capacidad y carga de los biodigestores .....	100
Gráfico N° 28: Volumen del filtro de biogás.....	102
Gráfico N° 29: Volumen y capacidad de carga de los biodigestores .....	104
Gráfico N° 30: Diagrama de construcción del biodigestor .....	105

Gráfico N° 31: Vistas del biodigestor y filtro .....	106
Gráfico N° 32: Diagrama general del biodigestor .....	107
Gráfico N° 33: Resumen del biogás obtenido por muestras .....	108
Gráfico N° 34: Cálculo de capacidad de biogás Nivel 1 .....	111
Gráfico N° 35: Cálculo de capacidad de biogás Nivel 2 .....	111
Gráfico N° 36: Cálculo de capacidad de biogás Nivel 3 .....	112
Gráfico N° 37: Cálculo de capacidad de biogás Nivel 4 .....	112
Gráfico N° 38: Produccion de biogas en los cuatro niveles .....	112
Gráfico N° 39: Biodigestores en operación.....	113
Gráfico N° 40: Construcción de biodigestores.....	113
Gráfico N° 41: Cargado con materia orgánica de los biodigestores .....	114
Gráfico N° 42: Pesado y homogenización de la materia orgánica.....	114
Gráfico N° 43: Capacidad total de la producción de biogas .....	115
Gráfico N° 44: Cantidad de biogás producido en en la concentración 10/40 kg/l .....	116
Gráfico N° 45: Cantidad de biogás producido en en la concentración 15/40 kg/l .....	116
Gráfico N° 46: Cantidad de biogás producido en en la concentración 20/40 kg/l .....	117
Gráfico N° 47: Cantidad de biogás producido en en la concentración 25/40 kg/l .....	118
Gráfico N° 48: Avances por muestras de la producción de biogás .....	119
Gráfico N° 49: Diferencia de biogas producido por muestras.....	119



## **Índice de anexos**

Anexo A. Plano de ubicación del estudio .....	87
Anexo B. Ficha recolección de datos .....	88
Anexo C. Detalle del objetivo específico “a” .....	90
Anexo D. Detalle del objetivo específico “b” .....	99
Anexo E. Detalle del objetivo “c” .....	120
Anexo F. Vistas fotográficas.....	123
Anexo G. Boletas de compra, recibo costo del kWh .....	124
Anexo H. Planos originales de ubicación del proyecto, diseño y biodigestor. ....	125

## **RESUMEN**

La sostenibilidad de la vida en el planeta requiere disponibilidad de energía, a la vez contar con un ambiente saludable; siendo la concentración de desechos orgánicos humanos en aguas residuales una de las fuentes altamente dañinas para la salud y el ambiente, qué, al mismo tiempo representan un potencial energético disponible no utilizado, éstas han pasado a formar parte de las energías alternativas; porqué, procesándolo anaeróbicamente se trasforma en biogás, gas metano segundo principal contaminante de la atmosfera con altas propiedades energéticas para generar energía eléctrica, mecánica y/o calorífica; además mediante el proceso se purifica las aguas, obtiene sub productos acción importante que aporta en la conservación del ambiente, debido que uso minimiza la emisión gas metano a la atmosfera. El proyecto estudió la generación de energía de estas fuentes, llevado a cabo mediante el proceso anaerobio extrayendo el biogás; donde durante el proceso se observó, evaluó y comparó parámetros energéticos, pudiendo determinar la eficiencia y viabilidad para la construcción de una planta de generación de biogás en las lagunas de oxidación; por otro lado, aparte de generar biogás, también se obtuvo biól abono con altas propiedades nutritivas para la tierra. El estudio concluye que la generación de biogás a partir de la concentración de desechos orgánicos humanos es eficiente y viable ya que genera energía limpia que puede ser utilizado de diversas formas, como generar energía eléctrica, combustible para motores, generar calor; así mismo debido al tratamiento anaerobio se descontamina el agua, se extrae biól abono de buena calidad y aporta en bajar la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

Palabras clave:

Biogás, residuos orgánicos humanos, energía renovable, agua residual, ambiente.

## **ABSTRACT**

The sustainability of life on the planet requires availability of energy, at the same time having a healthy environment; being the concentration of human organic waste in wastewater one of the sources highly harmful to health and the environment, which, at the same time represent an unused available energy potential, these have become part of the alternative energies; because, anaerobically processing it is transformed into biogas, the second main methane gas from the atmosphere with high energy properties to generate electrical, mechanical and / or calorific energy; also through the process, the water is purified, sub products get important action that contributes to the conservation of the environment, due to which use minimizes the emission of methane gas into the atmosphere. The project studied the generation of energy from these sources, carried out through the anaerobic process by extracting the biogas; where during the process was observed, evaluated and compared energy parameters, being able to determine the efficiency and viability for the construction of a biogas generation plant in the oxidation lagoons; On the other hand, apart from generating biogas, bio-fertilizer with high nutritive properties for the earth was also obtained. The study concludes that the generation of biogas from the concentration of human organic waste is efficient and viable since it generates clean energy that can be used in various ways, such as generating electrical energy, fuel for engines, generating heat; likewise due to the anaerobic treatment the water is decontaminated, biofuel of good quality is extracted and it contributes in lowering the emission of greenhouse gases to the atmosphere.

Keywords:

Biogas, human organic waste, renewable energy, waste water, environment.

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. Realidad Problemática**

#### **1.1.1. Realidad Problemática Internacional**

Por la situación mundial se sabe que la disposición de energía es de vital importancia para el crecimiento y desarrollo económico, sin embargo, es necesario disminuir el consumo energético y el uso de recursos naturales mediante la utilización eficaz de la energía; ya que la planificación y evaluación del impacto ambiental son los principales medios que permite generar el desarrollo de la humanidad de manera sostenible. (Osuna, Marroquín y García, 2010, p. 45).

Desde inicios de la industrialización se creyó que la tierra no tenía limitaciones para sustentar el crecimiento económico, hoy sabemos que el planeta no puede soportar el orden económico internacional, y que los recursos naturales se pueden agotar por los distintos niveles de aprovechamiento; el impacto ambiental puede ser negativo o positivo ya que dependerá de su intensidad permanencia y de los efectos en el ambiente. El impacto ambiental aplica un conjunto de técnicas esencial en el comportamiento de los seres humanos, para conocer y fomentar la supervivencia de cualquier forma de vida, en consideración a que no se sabe el impacto que daría por la extinción de algún recurso, para el equilibrio ecológico. (Osuna, Marroquín y García, 2010, p. 47).

La importancia de este trabajo radica en la concientización de la población respecto al cuidado del medio ambiente, el cual al menos, se sugiere que sea en las siguientes perspectivas: La técnico-científica, para buscar soluciones no contaminantes ni destructivas como lo son el uso de energías renovables; la económica, para aplicarlas a las industrias y uso cotidiano consiguiendo desarrollo sostenible; la legislativa, para prever una explotación razonable de los recursos que permitan el desarrollo sin dañar la naturaleza; la política, que incluya la solución a los problemas medioambientales. Y, por último, pero no menos importante, la ética, que busque una manera eficiente de la vivencia entre las personas y la naturaleza. (Tavizón, 2010, p 7).

La energía es la esencia que permite el desarrollo en el mundo, debido a esto, es necesario hacer cambios importantes en relación a los recursos a utilizar para obtener energía en los próximos años. Por lo tanto, el alto consumo, el costo de combustibles, la alta emisión de gases de efecto invernadero y la necesidad de contar con energía, son los primordiales motivos que fomentan al desarrollo de energías alternativas diferentes a los recursos fósiles para la generación de electricidad. La energía limpia, biocombustibles, fuentes de energías primarias que se obtengan de desechos orgánicos o biomasa, recursos que, hoy forman el principal origen de energía limpia generada en el planeta. (FAO, 2008, p.21).

La energía es necesaria para la vida, en cualquiera de sus formas, ya sea eléctrica, química, calorífica, cinética, o bien, como combustible, etc., sin energía no funcionaría nada. Hasta el día de hoy, la demanda incontrolada del uso de energía, ha marcado la pauta con el fin de buscar soluciones más acordes a las demandas del consumo, esto es, producir energía por fuentes limpias que no cause deterioro a la capa de ozono, Causadas por el uso indiscriminados de los recursos fósiles tales son el carbón, petróleo y gas natural, que se están extinguiendo pero que ya se emitió gran cantidad de CO<sub>2</sub> al ambiente por eso que se está viviendo cambios climáticos a nivel mundial. (Human, 2008, p.4).

La bioenergía, energía derivada de los biocombustibles, ofrece la oportunidad de reducir enormemente la contaminación del ambiente debido a gases que provocan el efecto invernadero, siendo el metano (CH<sub>4</sub>), el segundo más importante después del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Dicha bioenergía se deriva de toda una gama de materias primas a través de diversos procedimientos. (Deublein, 2008, p.37).

Contar con energía es indispensable para la humanidad. Fundaciones como el Banco Mundial, Naciones Unidas, la Comunidad Económica Europea, el Concejo Mundial de la Energía y Estados, establecen que la energía es fundamental para promover o reformar los servicios básicos como alumbrado, agua potable, hospitales, instituciones educativas, servicios de comunicación, porque genera un valor agregado a la producción permitiendo

el desarrollo. Las personas que no tienen los servicios de energía están distribuidas en el planeta siendo en mayor porcentaje en los países en desarrollo. (Sánchez, 2010, p.13).

Las fuentes de energía renovables son originales e interminables que garantizan el suministro energético en el tiempo, contribuyendo al desarrollo de energías limpias, con las diversas formas de aprovechar los recursos energéticos, mermando disponer de energías externas, por consecuente asegurando las disposiciones de energía a futuro. Por otro lado, generan puestos de trabajo y competitividad en la industria de energías renovables, aportando en la mejora de las políticas para ampliar este tipo de tecnología, asegurando a largo plazo el crecimiento económico. También las energías renovables contribuyen en la disminución de gases de efecto invernadero a la atmosfera evitando el calentamiento global y los daños generados a futuro. En tal sentido las energías renovables son muy ventajosas para la sociedad; estos sistemas se pueden implementar en los ámbitos local, regional, nacional e internacional, por su aportación a la seguridad del suministro energético y la mejora de la calidad ambiental. Sus amplias ventajas de las energías renovables contribuyen a un desarrollo sostenible garantizado. En comparación con los combustibles fósiles también presenta inconvenientes derivados, por los gastos que genera su aprovechamiento energético. (Institut Universitari d' Estudis Europeus, p. 124).

En la década de los setenta, los aspectos de salud son vistos por el Banco Mundial quien muestra su preocupación por el tratado de las heces y lodos en los programas individuales de saneamiento, marcando que con los años la producción de estos residuos serán un problema. En los últimos 50 años la demanda del líquido elemento se ha triplicado; para el año 2030 más de la mitad de la población mundial se verá afectada por la escasez de agua. (Valencia, Neyra, Santiesteban y Cesare, 2016, pp. 77-84).

La Global Matnane Initiative en su artículo “el metano de las aguas residuales”, sostiene que; La descomposición de las aguas residuales municipales emiten metano debido al manejo y tratamiento anaerobio de la

materia orgánica. Generalmente en los países más avanzados realizan los tratamientos de aguas residuales mediante el proceso aerobio a las aguas recolectadas, donde estas medidas ayudan a bajar la emisión de metano como también producir grandes cantidades de biosólidos, que tiene la probabilidad de aumentar la emisión de metano en altas proporciones. Por lo general en los países en desarrollo a parte de la recolección de los desechos que es bajo los sistemas se realizan de manera anaerobio, provocando una alta emisión de metano. Los sistemas utilizados son a lagunas, pozos sépticos, letrinas generalmente a nivel mundial en sectores alejados de las ciudades, representando a causa de este motivo el 7% de emisiones de metano en el planeta. (Global Methane Initiative 2013, p. 1).

La Academia Mexicana de Ciencias, sostiene en su texto, “Energías alternativas: propuesta de investigación y desarrollo tecnológico para México”, 2010, p 45), que, utilizar la bioenergía representa buenas ventajas, principalmente por su potencial energético. Aportando en el problema del calentamiento global en comparación a los combustibles fósiles, debido que puede sustituirlos, disminuyendo en gran parte la cantidad de gases causantes del efecto invernadero. Estas fuentes de energía son las que compiten con las fuentes fósiles como el petróleo, carbón y gas natural quitándole mercado, como viene haciendo en el sector transporte, en los países como Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea en donde el etanol carburante y el biodiesel están quitándole partes importantes de mercado a las gasolinas y al diésel. (Estrada, Islas, 2010. p 45).

Estrada Claudio, Islas Jorge inciden en que; económicamente trabajar en las energías renovables y bioenergía es ventajoso para el equilibrio de la oferta y la demanda de energía, porque son las únicas fuentes que se puede acumular en comparación a recursos fósiles para ser utilizados en el transporte. El mismo enfoque sucede en el sector eléctrico, haciendo que la bioenergía para producir energía eléctrica tenga las mismas cualidades y sea completamente distribuida, por el hecho que son sostenibles en su potencia eléctrica. (Estrada, Islas, 2010. p 45).

Inciden Estrada Claudio, Islas Jorge qué; estas fuentes de bioenergía adicionalmente aportan en la fertilización de los suelos, dando nuevas oportunidades en el sector agrario permitiendo desarrollo en los sectores urbanos y rurales, aportando a disponer de una mejor manera de los sectores, de los bosques, reservas naturales, poblaciones nuevas; actividades de producción. Permitiendo de otra forma al adecuado tratamiento de los desechos orgánicos del campo y la ciudad, aportando en la limpieza y salud, en la industria de la producción y del papel. (Estrada, Islas, 2010. p 45).

### **1.1.2. Realidad Problemática Nacional**

La propuesta de política energética 2010-2040 asume que en el Perú acorde a estudios y estadísticas la demanda de energía crecerá ocho veces la demanda actual. Perú está comprometido ante la Organización de Naciones Unidas (ONU) a cambiar la principal fuente de energía o sea implementar la generación de energías alternativas para lograr que las energías renovables representen el 50% la demanda a nivel nacional. En tal sentido, de no cumplir el compromiso, sufriría alza en el precio del petróleo y variaría la calidad del recurso hídrico debido al efecto invernadero que se generaría, reduciendo la seguridad energética y perjudicándose por la subida del costo de generación. Los peruanos por la topología de sus tierras y estar alejados el 20% no cuentan con energía debido a las metodologías actuales, es así que es de importancia aplicar las tecnologías para generar energía a partir de materias agrícolas a fin de cubrir la demanda de energía. (MEM, 2010 p 1-7).

En el Perú, la principal fuente de energía es obtenida de la agricultura para satisfacer necesidades de cocinar los alimentos, abrigarse; estas representan el 18% de la energía primaria consumida, entre las cuales tenemos el uso de leña, excremento de ganado y desechos vegetales a través de procesos de combustión directa. En consideración la biomasa del sector agrario es una opción económica y ambientalmente realizable ofreciendo agrandar la



potencia eléctrica necesaria, pueden hacerse de cualquier forma porque trabaja de forma aislada o interconectados al sistema eléctrico nacional. Se ha corroborado que en la media parte de energía utilizada en los hogares del Perú, son por el uso de leña, residuos de ganado y desechos vegetales. (Martínez, 2008. P.19).

Conforme la revista saber y hacer de la facultad de ingeniería de la USIL volumen 2 “las aguas residuales y sus consecuencias en Perú”, indica que; En Perú, El saneamiento planteado para el 2006-2015 conforme al programa nacional en los sectores urbanos y rurales a utilizado el 30% de la inversión pública estipulada para el tratamiento del agua. El agua se encuentra contaminada en tres niveles primarios, secundario y terciario por sustancias inorgánicas y orgánicas poniendo en riesgo la salud pública conforme lo confirma la organización mundial de salud. Una preocupación es la contaminación del agua, que proviene de la presencia de altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio por las consecuencias negativas tales como cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares. En el caso de los distritos de Lima, La Oroya y Juliaca, el rango de la concentración de arsénico inorgánico fue de 13 to 193 mg/l para las aguas subterráneas y superficiales, más alto que el límite de 10 mg/l según lo recomendado por la OMS. (Larios, Gonzáles y Morales, 2015 p.09-25).

En el manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas indica que; la cobertura nacional de tratamiento de aguas residuales domésticas sería de 72%, valor que puede ser considerado relativamente alto debido a que en la costa llega al 95%. Sin embargo, esta cobertura es bastante baja en la sierra y selva en donde solo alcanzan 25 y 32% del agua residual generada en estas zonas. Existen dos regiones Lima/Callao y Lambayeque que arrojan coberturas mayores a 100% y que sesgan un poco el promedio nacional, especialmente Lima/Callao que tiene una capacidad de 19.1 m<sup>3</sup>/s cuando solo produce 18.3 m/s, por tanto, sin incluir Lima y Callao, el resto del país tiene una cobertura de tratamiento de aguas residuales de 48%. (Moscoso 2015, p. 36).

Conforme la revista saber y hacer de la facultad de ingeniería de la USIL volumen 2 “las aguas residuales y sus consecuencias en Perú, indica que; El impacto ambiental que la sociedad provoca en la tierra es a tal grado, que se requiere buscar una opción más viable para la utilización de desechos que se producen en las viviendas, ya que, por la necesidad de cocinar diariamente, se acumulan desechos orgánicos que deben separarse y reciclarse para que la naturaleza actúe sobre ellos y los incorpore nuevamente a sus ciclos de nutrientes y evitar así, que se incremente la contaminación. (Larios, Gonzáles y Morales, 2015 p.09-25).

Para C. Valencia, L. Cruz, O. Santiesteban, M.F. Cesare en la revista de química volumen 19 N° 1 del 2016 indica que; en el año 2012 en el Perú se generaron aproximadamente 2 217 946 m<sup>3</sup> de aguas residuales que se descargaron a la red de alcantarillado, tratándose solo un 20.5% en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). En el Perú existe un total de 143 PTAR en operación, donde la generación de lodos ha ido incrementándose en función del crecimiento de la población. La producción de lodos en una PTAR en promedio es de 5%, según OEFA (2014), además su disposición requiere grandes superficies de terreno o costos de transporte para su disposición final. (Valencia, Cruz, Santiesteban y Cesare, 2016, p. 78).

### **1.1.3. Realidad Problemática Local**

En nuestro entorno, departamento de Cajamarca se han efectuado trabajos de investigación para la generación de energías alternativas en hidroeléctrica, solar, eólica, biomasa de desechos orgánicos y residuos sólidos; sin embargo no se ha realizado trabajos de investigación respecto a la generación de biogás a partir de desechos orgánicos humanos, Las aguas residuales de las lagunas de oxidación de Cajamarca constituyen un potencial energético para la generación de biogás; por lo que al desarrollar proyectos para generar energía de las aguas residuales permite disponer de energía a menor costo, limpiar las aguas residuales contaminadas, conservar el ambiente, disminuir la deforestación, entre otros.

## **1.2. Trabajos Previos**

### **1.2.1. Trabajos Previos Internacional**

Bosch Martí, Adriá en su tesis “Estudio de viabilidad de la instalación de una planta de metanización en un buque crucero”, manifiesta que; Los desechos aguas sucias provenientes de baños, comidas, lavanderías, entre otras generados en buques cruceros pueden ser desechados al mar teniendo probabilidad de contaminar las costas incluso playas en un nivel alto, por lo que es de importancia buscar soluciones, y más aun por el espacio y costo que genera tener una planta de tratamiento a la vez el desecharlo en los puertos de los residuos; otro tema viene a ser la disponibilidad de energía donde según estudios se prevén que en 50 años se agotarán los yacimientos petrolíferos lo cual generará la falta de combustible para el transporte y la industria, por lo que la situación energética actual necesita la obtención de energías que reemplacen a los recursos fósiles, además que permitan minimizar el efecto invernadero y calentamiento global del planeta, siendo necesario que las nuevas tecnologías contribuyan a minimizar la emisión de dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  a la atmósfera. (Bosch, 2011, p. 6).

Así mismo Bosch Martí, Adriá, mediante su estudio pretende viabilizar la implementación de una planta de metanización en un buque crucero, utilizando los desechos de comidas, las aguas negras provenientes de los sanitarios; para lo cual está realizando cálculos a fin de dimensionar las instalaciones, en función a la cantidad de aguas generadas y obtener la producción máxima de biogas, también calcular la cantidad de combustible fósil ahorrado reemplazado por el uso del biogas, con el fin de contar con un ambiente sin malos olores, vender el biol y evitar que el barco tenga una planta de tratamiento. (Bosch, 2011, p. 7).

Carlos Pistonesi, José Luis Haure, Roberto D’Elmar en su tesis “energía a partir de las aguas residuales” define qué; el agua residual es aquella que se contamina por el uso de las personas debido a las actividades biológicas con heces fecales, orina, lavado con detergentes, uso en la cocina, también cuando se contamina en la industria. El crecimiento de la población y las fábricas hace que aumente la contaminación a la vez haciéndola cada día

mas compleja, generando grandes costos con el afan de controlarlo, problemas a la salud publica y degradando el ambiente. (Pistonesi, Haure y D'Elmar, 2010, p.3).

También indican Carlos Pistonesi, José Luis Haure, Roberto D'Elmar, saber conocer, que se puede bajar el costo de la energía utilizando el proceso de tratamiento de las aguas residuales, por lo que es importante implementar la tecnología de eficiencia energética en las plantas de tratamiento de aguas residuales sabiendo de los gastos que representan entre 25 y 50% del presupuesto en una planta. Entonces obtener energía de las aguas residuales es obtener energía limpia biogás para generar electricidad entre otros, mediante el proceso anaerobio para producir metano. La captura de este gas produce calor y electricidad. Si bien esta tecnología no está muy desarrollada sin embargo varias ciudades ya lo han desarrollado una de ellas es Alemania, ya que dispone de sistemas para extraer energía de diversas maneras tal es el caso de obtener biogás, gas que es aprovechado para generar electricidad y suministrarla a la propia planta; que también lo usan como combustible para vehículos, evitando así el uso de combustibles fósiles y apoyando a mejorar el cambio climático. Otro aspecto muy importante es que depura el agua para ser utilizada en actividades agrarias, como también el biol obtenido que contiene sustancias nutritivas para los cultivos. (Pistonesi, Haure y D'Elmar, 2010, pp.3-4).

Edwin Eyner Toala Moreira, en su tesis "Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol de ganado en el rancho verónica estudia el diseño de un biodigestor para generar biogás a partir del estiércol de ganado con el fin de aprovecharlo como energía alternativa para minimizar el uso de combustibles tradicionales altamente contaminantes, como minimizar el efecto de contaminación de esta materia, el diseño comprende acorde a las características físicas, químicas y bacteriológicas del estiércol, y verificar la cantidad de estiércol del sector, efectuar los cálculos de volumen y realizar el diseño del prototipo, para producir biogás, este será almacenado y utilizado como combustible para cocinar. (Toala, 2013, pp. 8-10).

Para Quesado, Margedas y Botero en su tesis “implementación un sistema de biodigestores para la descontaminación productiva de aguas servidas” manifiesta que, la digestión anaerobia tiene dos importantes resultados, una la descontaminación de las aguas permitiendo superar con las normativas vigentes, lo otro es obtener el sub producto biogas. Ultimamente se están implementando sistemas para la generación de energía eléctrica a partir del biogas obtenidos de excremento animal. La generación de energía se hace utilizando un generador mediante la combustión interna, en cumplimiento al objetivo de este trabajo fue la evaluación de un filtro de óxido de calcio y filtros de alambrita que se instalaron en la tubería de conducción para incrementar la calidad del biogás. El funcionamiento de los filtros nos permite identificar la calidad del biogas aplicando análisis químicos que identifican la cantidad de ácido sulfhídrico. Otro aspecto se calculó la eficiencia del generador en la producción de electricidad. Con el filtro de óxido de calcio se logró una disminución del 40 % de ácido sulfhídrico mientras que con el filtro de alambrita no pudo ser cuantificado debido a la fluctuación de la concentración de ácido sulfhídrico en las muestras tomadas en la bolsa del reservorio en la lechería. La eficiencia del generador encontrada fue del 7%, con una producción por turno aproximada de 19 kWh con un consumo promedio de  $16 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  esto implicó una reducción de  $2 \text{ m}^3$  de biogas por cada kilowatt hora generado. (R. Quesada, Margedas, R. Botero. 2007 p.1).

### **1.2.2. Trabajos Previos Nacional**

En Tacna el proyecto: Producción de biogás y biól extraído de excremento de ganado, donde la construcción de un biodigestor familiar se realizó conforme al diseño, con una capacidad de  $2 \text{ m}^3$  tipo manga de polietileno, las zanjas se realizaron usando barro para formar las paredes, aislando con plásticos reciclados recubiertos por un colector de color negro para mantener la temperatura, cargado por heces frescas de ganado ovino. El proyecto se desarrolló en los meses de Marzo y Abril del 2011, durante la operación se controló el pH del lodo, producción de biogás diaria, temperatura de la manga

en tres regiones y la temperatura ambiental. El tiempo de retención inicial fue de 30 días, produciendo posteriormente biogás en forma diaria con un promedio de 400 litros/día con un rango de temperatura del biodigestor entre 30 a 40°C y temperatura ambiente entre 20 y 30°C durante los meses de evaluación. Se cuantificó la producción diaria de biol, resultando en 40 litros/día en promedio y se modificó una cocina de kerosene para comprobar la utilidad del biogás como combustible. Además, se realizó un estudio descriptivo sobre el desarrollo de biodigestores en Tacna, en las zonas del Cercado, La Yarada e Ite. Haciendo una exhaustiva investigación y aplicando el método de encuesta directa, se encontró que en Tacna predominan los biodigestores caseros tipo chino de 5m<sup>3</sup> de capacidad en promedio, los cuales fueron construidos hace más de quince años atrás y alimentados por excretas de ganado bovino. (Salazar et al 2012, Párr.1).

Producción de biogas de bosta porcino y restos vegetales, por fermentación semicontinua; Trabajo fue realizado en el INPREX; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. Usando un biodigestor tipo chino reformado de fibra de vidrio de 250 cm<sup>3</sup> de capacidad para realizar la fermentación. Pre fermentó la deposición de cancho, desecho de verduras del mercado, compuesto de ramas de pecana y agua, de todo esto obtuvo un compuesto que formo parte de la materia fermentativa, fue colocado en el biodigestor para la producción de biogas. Durante 4 mese (Octubre 2009-Enero 2010) y a temperatura ambiente se hizo la fermentacion. Generando un promedio al dia de 14,864 cm<sup>3</sup> de biogas despues de los 18 días que comenzo la degradacion, teniendo una producción almacenada, durante los 58 días la cantidad de 644,668 cm<sup>3</sup> de biogas. (Cueva, 2012, p 64).

### **1.2.3. Trabajos Previos Local**

En nuestro ámbito local específicamente no se ha realizado estudios peras la obtención de biogás como energía alternativa de los desechos orgánicos humanos, aguas residuales. Siendo de vital importancia promover el estudio con el fin de proponer el desarrollo de estas tecnologías, que permitan utilizar estas fuentes altamente dañinas con propósitos de salubridad y generar

energías limpias que permitan aportar a la disminución de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

### **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

#### **1.3.1. La Técnica y Ciencia.**

##### **1.3.1.1. Técnica**

Ortega define a la técnica como reacción enérgica del hombre sobre la naturaleza con el afán de buscar ser independiente del mundo que lo rodea, éste énfasis es que hace diferente al ser humano de los demás animales, porqué, adapta al medio de acuerdo a su necesidad para encontrarse a gusto en el mundo y estar bien, entonces para el hombre lo objetivamente necesario es lo superfluo; satisfacer sus necesidades biológicas es subjetivamente por obtener su bienestar; por lo qué, la técnica es el instrumento que le ayuda a construir una sobrenaturaleza en busca de solo el bienestar. Pero en que consiste el bienestar, entonces si las necesidades biológicas son de siempre por bienestar se han entendido muchas cosas y va en función a la historia y cultura, por lo tanto, la técnica varía según la idea de bienestar que se imagine. Al indicar que la técnica es reacción, esto provoca inventar y posterior ejecutar un plan de actividades que permita asegurar las satisfacciones de las necesidades, lograr esa satisfacción con el mínimo esfuerzo, crear posibilidades inexistentes produciendo objetos nuevos que no exista en la naturaleza del hombre; así que la técnica plantea dos interrogantes ¿es realmente un ahorro de esfuerzo? Y si lo es, ¿Qué actividades van a ocupar la vida del hombre?, interrogantes que aún no se han resuelto. (Ortega, 1933, pp. 158-159).

##### **1.3.1.2. Ciencia**

Bunge, define una serie de alcances que engloba acertar lo que es el concepto de ciencia. En donde manifiesta que puede tener las características del “conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y, por consiguiente, falible”. Considera que ciencia es “un bien por sí mismo, esto es, como un sistema de ideas establecidas provisionalmente

–conocimiento científico”. (Bunge 1975, p. 9.). Posterior emite otro concepto indicando que es como “el estudio de la realidad por medio del método científico y con el fin de descubrir las leyes de las cosas”. (Bunge,1985, p. 10).

### **1.3.2. Base legal**

En la actualidad el todo está bajo leyes normas, reglamentos etcétera, por lo tanto, realizar algún proyecto es acoplarse y cumplir con lo estipulado, así que; el estudio se basa fundamentalmente a desarrollar investigación respecto a la especialidad de ingeniería mecánica eléctrica en los rubros de energía, abocado a la generación de energía primaria. Acorde a las leyes decretos, normas y procedimientos legislativos básicamente a la materia en estudio:

Decreto legislativo N° 1002 y su reglamento de generación de electricidad con energías renovables aprobado con el decreto supremo N° 012-2011-EM y reglamento para la promoción de la inversión eléctrica en áreas no conectadas a la red aprobado por decretos supremo N° 020-2013-EM. (GART, 2013, Párr. 1-2)

Compromisos internacionales como Protocolo de Kioto, Acuerdo de Copenhague, La Plataforma de Durban, Acuerdo de París y Proclamación de Marrakech. (Vásquez, Tamayo y Salvador, pp. 55-56).

En consideración a la evaluación del estado de representación de las energías renovables 2014, IRENA Perú. (Gauri, Tapia y Chávez, 2014).

Ley general del ambiente N° 28611, decretos supremos y leyes afines.

Ley General del medio ambiente N° 28611

Ley General de electricidad N° 23406 y Decreto ley 28544.

### **1.3.3. Energías Alternativas o Limpias**

Se define como energías alternativas o limpias a aquellas que son obtenidas o generadas de recursos naturales y fuentes inagotables, su nombre varía de acuerdo al país donde se estudia y es lo mismo que decir energía limpia,



energía verde o energía renovable, una de las principales características es que al producirlas no contaminan.

#### **1.3.3.1. Tipos de Energías Alternativas**

La diversidad de donde se obtiene las energías alternativas hacen que se clasifique en varios tipos, principalmente se considera el tipo por su transformación a energía eléctrica, en el universo se encuentra distintas fuentes inagotables de donde se obtiene estas energías, tales pueden ser el viento, el sol, el agua, la biomasa entre otras. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 29).

##### **1.3.3.1.1. Energía solar**

Es aquella energía generada a partir de la radiación del sol, captadas mediante sistemas que permiten transformarla en electricidad, la misma que puede ser distribuida mediante la red eléctrica, según su obtención y transformación son energía solar termoeléctrica, fotovoltaica. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 33).

##### **1.3.3.1.2. Energía eólica**

La generación de esta energía es obtenida por la acción del viento, esto se realiza mediante dispositivos que reciben el impacto del aire, girando en un eje, a este movimiento se aplicó un mecanismo de transformación para la generación de energía eléctrica; generalmente se denominan molinos de viento. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 37).

##### **1.3.3.1.3. Energía a partir de la biomasa**

Es aquella energía extraída a partir de los desechos orgánicos y productos naturales, se puede generar energía eléctrica utilizando diversos medios y formas, como puede ser mediante la combustión de materias primas, degradación y tratamiento de los desechos orgánicos. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 46).

#### **1.3.3.1.4. Energía a partir del biogás**

La energía del biogás es una de las fuentes extraídas de recurso inagotables y puede ser producidas por la naturaleza, procesos biológicos de los seres vivos y actividades industriales. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 51).

#### **1.3.3.1.5. Energía mini hidráulica**

Esta energía es por acción del potencial del agua y es una de las fuentes más desarrolladas, su producción de energía eléctrica se da debido al impulsar una turbina con la fuerza del agua, generalmente represando el agua. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 53).

#### **1.3.3.1.6. Energía mareomotriz**

Es una energía que aprovechas las olas del agua generadas en el mar para la producción de energía eléctrica, es mecanismo es parecido a las hidráulicas con consideraciones en función a la variación de olajes. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 54).

#### **1.3.3.1.7. Energía de carbono**

Esta energía se encuentra de forma natural debido a la quema de combustibles fósiles por la humanidad, que ha ocasionado el cambio climático, esta energía es costosa, pero al desarrollarlo se utilizaría en diversas formas a la vez que bajaría considerablemente la concentración de dióxido de carbono en un 80% y 90% en la atmosfera. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 56).

#### **1.3.3.1.8. Energía Geotérmica**

Una de las energías alternativas que aprovecha las altas temperaturas del interior de la tierra, normalmente desarrollada en los volcanes, aprovecha el

calor para generar energía eléctrica y se encuentra a temperaturas superiores a los 100 grados centígrados o equivalente. (Vásquez, Tamayo y Salvador, 2017, p. 57).

#### 1.3.3.1.9. Energía nuclear

La energía nuclear consiste en generar electricidad por fisión debido a la velocidad que chocan los con el núcleo de un átomo de uranio y así contra otros formando una reacción en cadena que libera una gran cantidad de electricidad. (Osinergmin, 2017, p. 60).

#### 1.3.3.2. Aguas Residuales

Se define aguas residuales a aquellas aguas contaminadas con materia fecal orina de seres humanos, animales, sustancias provenientes de desechos doméstico, industrial, agua de lluvia o agua infiltrada en el terreno; también se las denomina aguas cloacales las mismas que requieren de un especial tratamiento debido al grado de contaminación que afecta a la salud de los seres vivos. (Díaz y Baenz, 2002, p.8).

#### 1.3.3.3. Digestión Anaerobia

Es el proceso de fermentación que se aplica a la materia mediante la digestión anaerobia o descomposición de la materia en un recinto cerrado sin oxígeno, método que convierte la materia orgánica en metano y dióxido de carbono con la intervención de microorganismos. (Díaz y Baenz, 2002, p.11).

Gráfico N° 1



La transformación anaerobia es un paso que se origina en situaciones naturales como las ciénagas, en zonas inundadas para la siembra de arroz, en las precipitaciones de pantanos y océanos, en las zonas anóxicas de la superficie, en comienzos de aguas termales azufradas y en el paso gástrico de los animales. (Díaz y Baenz, 2002, p.11).

#### 1.3.3.3.1. Balance

En el área del procedimiento de las fuentes residuales, la demanda química de oxígeno (DQO) es la encargada de evaluar la contaminación orgánica, ésta calcula fundamentalmente los contenidos del material orgánico y para comprobar el balance del material orgánico, se debe realizar por balance aeróbico de la demanda química de oxígeno. (Díaz y Baenz, 2002, p.13).

Gráfico N° 2

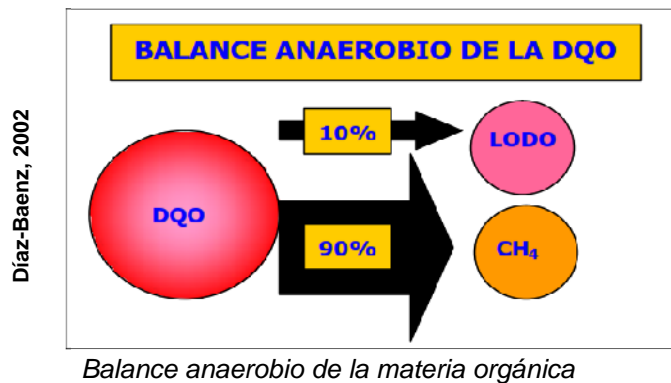
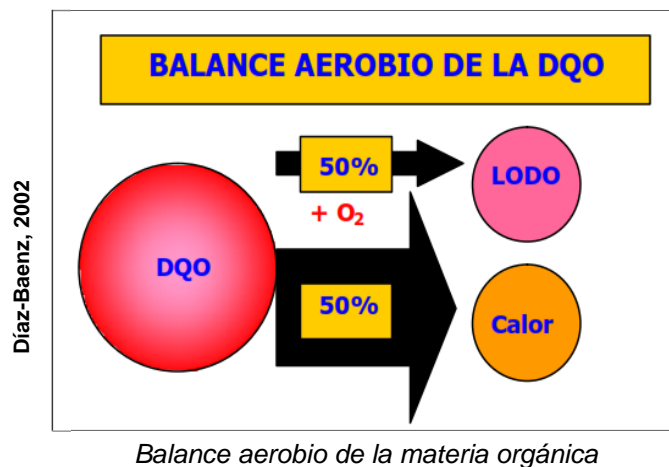


Gráfico N° 3



#### **1.3.3.3.2. Método Anaerobio**

La fermentación anaerobia es un procedimiento de modificación mas no de pérdida de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso la capacidad de transmisión de partículas del material orgánico persiste ilesa en el metano originado. Al no registrar oxidación, se deduce que, la demanda química de oxígeno imaginaria del metano valer por la parte más alta de la DQO del material orgánico asimilado del 90% a 97%, una pequeña parte de la DQO es transformada en lodo del 3% al 10%. En las reacciones bioquímicas que suceden durante la asimilación anaerobia, por lo que la mayor parte de energía queda como química en el metano y en mínima parte es liberada. (Díaz y Baenz, 2002, p.15).

#### **1.3.3.3.3. Método Aerobio**

Es un proceso catabólico oxidativo ya que se hace con presencia de oxígeno, generalmente no permite darse en aguas residuales, se debe hacer mecánicamente mediante la disolución de oxígeno al espacio, mediante ventilación forzada. Así mismo en mayor proporción la demanda química de oxígeno del material orgánico es transformada en barro, compuesto de organismos vivos que requerirán ponerlo estables. (Díaz y Baenz, 2002, p.17).

#### **1.3.3.4. Biogás**

Es un gas combustible extraído de los diferentes tipos de la biomasa generalmente compuesto de metano y dióxido de carbono entre otros de menor proporción, se utiliza como combustible para motores, generar energía eléctrica, calor para la cocción de alimentos, en alumbrado. (Silva, 2010, p 10).

El biogás tiene un poder calorífico de 4700 a 5500 kcal/m<sup>3</sup> en función al contenido del gas metano CH<sub>4</sub>, el mismo puede genera una cantidad de calor equivalente a 22000 BTU/m<sup>3</sup>, tiene una temperatura de ignición de 650 a 750°C este producto fácilmente no se quema solo, es necesario

que tenga una mezcla homogénea de aire en un 6 – 12%. (Bosch, 2011, p.10).

Generar energía eléctrica con biogás representa que 1m<sup>3</sup> de biogás hace una potencia de 2 kWh, es decir que podemos dar luz con una bombilla de 100 W durante 20 horas o hacer funcionar un motor de 1CV durante 2 horas; esto dependerá de la composición del gas, en el grafico se muestra la composición apropiada. (Bosch, 2011, p.10).

**Gráfico N° 4**

Bosch, 2011, p.11

Componentes	Contenido
Metano	50 – 60 %
Dióxido de Carbono	30 – 40 %
Hidrógeno	5 – 10 %
Nitrógeno	1 – 2 %
Oxígeno	0,1 %
Sulfuro de hidrógeno	0 – 1 %

Composición del biogás

Así mismo en el siguiente grafico se muestran algunas de las equivalencias energéticas por m<sup>3</sup> de biogás. (Bosch, 2011, p.12).

**Gráfico N° 5**

Bosch, 2011, p.11

Cantidad equivalente	Tipo de biomasa o sustrato	Capacidad energética
0,71 l	Fuel - Oil	12 kWh/l
0,8 l	Gasolina	16 kWh/l
0,7 kg	Carbón	8,5 kWh/kg
1,5 kg	Madera	4,5 kWh/kg
0,6 m <sup>3</sup>	Gas natural	5,3 kWh/m <sup>3</sup>
0,24 m <sup>3</sup>	Gas propano	25 Wh/m <sup>3</sup>

Equivalencias energéticas del biogás

#### **1.3.3.4.1. Composición del biogás**

El biogás esta compuesto principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) que aciende según la materia organica entre el 40% y 70%, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 30% a 60%, Hidrogeno (H<sub>2</sub>): 0 a 1%, Nitrogeno (N),

Sulfato de Hidrogeno ( $H_2S$ ): 0 a 3% y Acido sulfhúdrico del volumen de biogas. (Bosch, 2011, p.12).

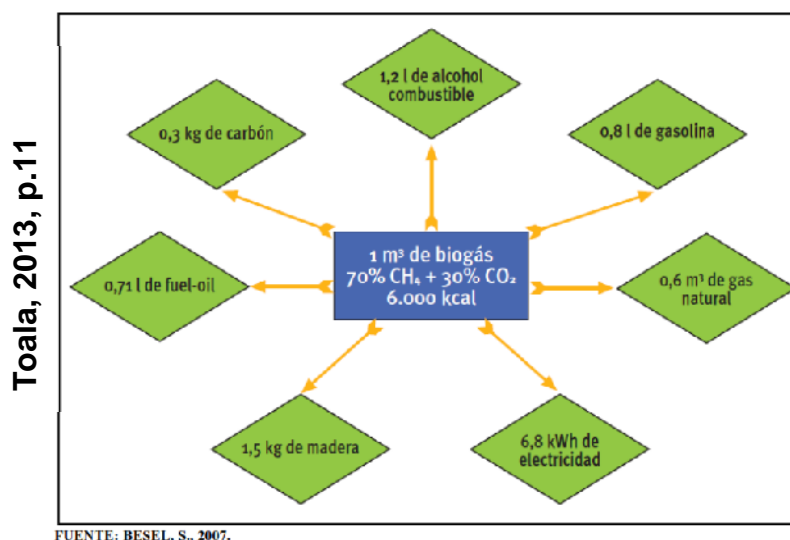
#### **1.3.3.4.2. Generación de Biogás**

El método más común de producción de biogás es la digestión anaeróbica en un tanque cerrado llamado 'biodigestor'. La biomasa se mezcla en el digestor con agua para formar una suspensión, en la cual la digestión anaeróbica se realiza en dos pasos. En el primer paso, llamado licuefacción, la materia orgánica es descompuesta por hidrólisis enzimática y fermentada para producir principalmente ácidos y alcoholes. Seguidamente, en la etapa de gasificación, las bacterias metanogénicas rompen los ácidos y los alcoholes, para producir metano y dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico. El diagrama de la figura 1 indica las diversas etapas de la digestión anaerobia. (Bosch, 2011, p.13).

#### **1.3.3.4.1. Propiedades energéticas del Biogás**

Las propiedades energéticas del biogás básicamente son debido a su composición de metano e hidrogeno en concentración según la cantidad de los mismos. Tiene una combustión limpia en esta etapa los productos finales son bióxido de carbono y agua no contaminante; a tal razón se considera que el biogás es un combustible ecológico. Su poder calorífico del biogás depende de la composición de los productos principales metano dióxido de carbono, dado esto axila entre los 4500 y 6000 kilocalorías/ $m^3$ ; esta característica supera al doble en comparación al gas natural, es decir un gas con una concentración del 60% de metano tiene un poder calorífico de 5,500 kcal/ $m^3$ , con una salvedad que por la cantidad de  $H_2S$ , sea un combustible ideal, conforma los valores equivalentes en la figura.

Gráfico N° 6



Equivalencias de biogás con otras fuentes energéticas

#### 1.3.3.4.2. Etapas Generación de Biogás

##### 1.3.3.4.2.1. Hidrólisis o Licuefacción

Etimológicamente la hidrólisis no es más que la descomposición de una sustancia por la acción del agua, y el término proviene de un período antiguo de la química, en el que se pensaba que el agua podía dividir una sal en un ácido y una base. La realidad es diferente, más compleja, y lo que muestra son equilibrios y reequilibrios a medida que el carbonato de calcio reacciona con los hidrogeniones ( $H^+$ ) del agua:  $CaCO_3 + H^+ = Ca^{2+} + HCO_3^-$ ; En esta etapa se descomponen los carbohidratos, lípidos y proteínas. (Urra B., 2009).

##### 1.3.3.4.2.2. Acidogénesis o Producción de Ácidos

Los ácidos superiores son descompuestos y degradados por las bacterias, como también ácidos grasos y aminoácidos aromáticos producto de la hidrólisis, generando hidrógeno y ácido acético. En esta fase las bacterias son facultativas ya que viven con o sin oxígeno. (Urra B, 2009, p.127).



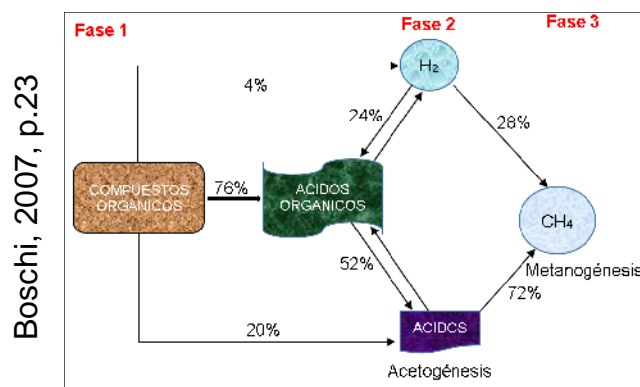
#### 1.3.3.4.2.3. Acetogénesis

Los misceláneos ácidos agrios, hidrógeno, ácidos fórmicos y  $\text{CO}_2$ , son utilizados por las bacterias metanogénicas para generar metano ( $\text{CH}_4$ ) y anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) no siendo necesario la presencia de oxígeno para que las bacterias existan. El metano se forma por fermentación del ácido acético (A) y generalmente por reducción de  $\text{CO}_2$ . (Carrillo, 2003, p. 885).

#### 1.3.3.4.2.4. Metanogénesis

El acetato producido se degrada en dióxido de carbono e hidrógeno convirtiéndose en metano. (Carrillo, 2003, p. 885).

Gráfico N° 7



*Factores que influyen en la degradación de materia orgánica en digestores anaerobios*

#### 1.3.3.4.3. Ventajas de Biogás

La generación de biogás proporciona ventajas porque representa la mejor opción para su elaboración, es menos contaminante que los combustibles fósiles, cumple los requisitos propuestos por la EPA, se puede combinar con los otros combustibles, no produce lluvias ácidas, suprime el hollín en un 30%, menos contaminantes para la flora y fauna ante derrames, su degradación en el ambiente es rápida, contiene menos partículas perjudiciales para la salud, tiene propiedades lubricantes y prolonga la vida útil de un motor, es más

seguro para su almacenamiento y posee una ignición de 148°C superior al 51°C del gasoil. (Tomas, 2009, p.46).

#### **1.3.3.4.4. Desventajas del Biogás**

Económicamente dependiendo de la materia prima el costo puede ser elevado, no es rentable para la purificación de glicerina a bajas producciones; técnicamente a temperaturas menores a cero su producción es lenta, su almacenamiento es menor a seis meses; por su capacidad solvente no es compatible con algunos plásticos, por disolución y suciedad de los tanques obstruye las cañerías. (Tomas, 2009, p. 73).

#### **1.3.3.4.5. Temperatura de Generación de Biogás**

La temperatura hace que mejore la reacción química y biológica. El rango de temperatura en digestores para gas es tolerable para algunos microorganismos. A temperaturas altas baja el metabolismo debido a la enzima bacteriana hace difícil el desarrollo de las células. Es así que las bacterias metanogénicas son débiles a cambios de temperatura en comparación a otros organismos en el biodigestor. Sabiendo que los demás conjuntos bacterianos se desarrollan más rápido, como las acetogénicas, alcanzando un catabolismo importante inclusive a temperaturas bajas. (Sandoval, 2006, p.23).

#### **1.3.3.4.6. pH de los Desechos Orgánicos**

Existen dos métodos prácticos para corregir los bajos niveles de pH en el biodigestor, debido a que, una disminución de pH puede acarrear inhibición al crecimiento de las bacterias metanogénicas, generando disminución en la producción de metano y aumentado el contenido de dióxido de carbono y produciendo olores desagradables por aumento de sulfato de hidrogeno. Es así que la generación depende de la velocidad en que se produce el gas. (Urrea B., 2009, p.15).

##### **1.3.3.4.6.1. Método 1, Corrección del pH**

Dejar que las bacterias metanogénicas absorban los ácidos grasos volátiles, de esta manera aumenta el pH a niveles

aceptables, al de detener la alimentación baja el proceso de las bacterias fermentativas reduciendo la producción de ácidos grasos volátiles, restablecido el pH se continua con la alimentación progresivamente para evitar nuevamente la caída. (Urra B., 2009, p.15).

#### **1.3.3.4.6.2. Método 2, Corrección del pH**

Para aumentar el pH se agrega otras mezclas como agua con cal, carbonato de sodio estos previenen la precipitación del carbono de calcio. Las mezclas varían según los residuos, sistemas y tipos de operación. (Urra B., 2009, p.15).

#### **1.3.3.5. Biodigestor**

Dispositivo herméticamente impermeable donde se carga materia orgánica para fermentar, en una cierta cantidad de agua para ser descompuesta a fin de obtener gas metano y fertilizantes orgánicos. (Bravo, 1 992, p.129).

##### **1.3.3.5.1. Tipos de Biodigestores**

Se clasifican de acuerdo a los procesos de digestión para la producción de biogás y se determinan en tres clases. (Bravo, 1 992, p.132).

##### **1.3.3.5.1.1. Acorde a como se carga**

- a. **De degradación continua.** Se dice que es continua, cuando la fermentación inicia de forma normal después de su carga inicial, luego se carga los materiales en la misma cantidad que se retira, así la generación de biogás y biol es consecutivo conllevado a un control fácil y una producción uniforme de biogás, se emplea en lugares con elementos ricos y en biodigestores pequeños y de grandes tamaños. (Bravo, 1992).
- b. **De degradación semicontinua.** Después de la carga y una vez está disminuyendo la producción de gas, se rellena

más materia prima, a la vez se retira la usada en igual proporción. (Bravo, 1 992).

- c. **De degradación discontinua y por lotes.** La carga en los biodigestores se hace en una vez, y después de la fermentación y baja la producción, se vacía totalmente y se vuelve a cargar. (Bravo, 1 992).

#### **1.3.3.5.1.2. Acorde a la Temperatura**

- a. **Degradacion termófila.** La digestión es rápida porque la temperatura es alta, y menor periodo de retención, esta degradación se utiliza en la eliminación de heces humanas y otros por sus características de desinfección. (Bravo, 1 992).
- b. **Degradacion mesófila.** La temperatura de digestión debe ser baja, en comparación a la fermentación MESOFÍLICA, la degradación de la materia orgánica es pausada, sin embargo, tiene otras cualidades. (Bravo, 1 992).
- c. **Degradacion psicrófila o temperatura ambiente** Acorde a las condiciones ambientales la temperatura varía según la estación del año por lo tanto la generación de gas es variable, no requiere de mucha inversión. (Bravo, 1 992).

#### **1.3.3.5.1.3. Acorde a la Fermentación**

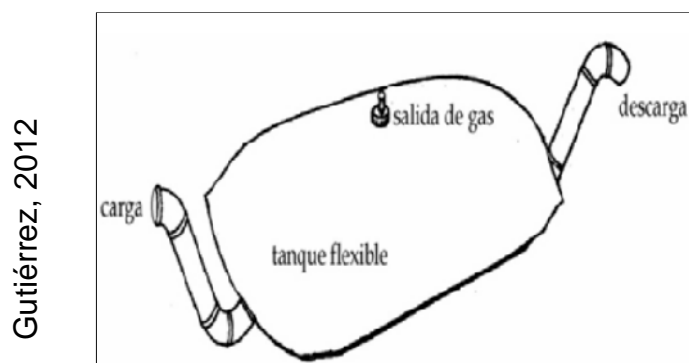
- a. **Fermentación en una sola etapa.** Se realiza en un solo digestor, por la simplicidad demanda costos bajos y es de fácil operación. (Bravo, 1 992).
- b. **Fermentación en dos etapas y mas.** Se realiza en dos o más digestores la materia en una primera etapa se degrada y produce gas, pasa a otro digestor y sufre de nuevo el proceso, se pueden construir digestores de tres o cuatro etapas. (Bravo, 1 992).
- c. **Proceso de fermentación en dos fases.** Es diseñado para dos secuencias la primera para formar ácidos y la otra

para el metano. Se continúa investigando este tema.  
(Bravo, 1 992).

#### 1.3.3.5.1.4. Acorde a su Diseño

**El digestor de tipo bolsa:** Aquí se usa grandes cantidades de materia prima, se emplea en regiones tropicales.  
(Gutiérrez, 2012, p.42).

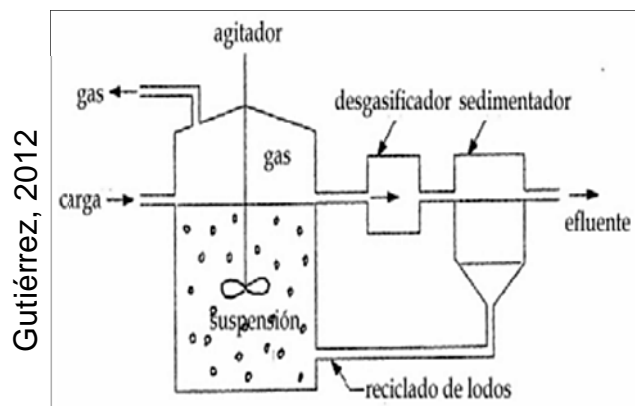
**Gráfico N° 8**



*Reactor tipo bolsa*

**Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y Mantos de Lodos:** Adecuado para descomponer desperdicios de agricultura como también de aguas residuales de variable carga orgánica de origen soluble y compleja.  
(Gutiérrez, 2012, p.42).

**Gráfico N° 9**



*Reactor de flujo ascendente y manto de lodos*

#### **1.3.3.5.2. Parámetros de Operación**

Los parámetros operacionales hacen referencia a las condiciones de trabajo de los reactores:

##### **1.3.3.5.2.1. Temperatura**

Parámetro importante en la operación, que se clasifica en los rangos **psicrofílico** (temperatura ambiente), **mesolítico** (temperaturas en torno a los 35°C o **termofílica** (temperaturas en torno a los 55°C). Los porcentajes de crecimiento y efecto van subiendo conforme aumenta la temperatura, de la misma forma también la sensibilidad a algunos inhibidores, como el amoníaco. En el rango termofílico se aseguran tasas superiores de destrucción de patógenos. (UPME, 2003, p.18).

##### **1.3.3.5.2.2. Agitación**

Refiere al mecanismo, para que la materia orgánica cargada dentro del biodigestor este en constante movimiento con la finalidad de permitir la transferencia de sustrato a cada población o agregados de bacterias, como también mantener las concentraciones homogéneas con bajas medidas de inhibidores. (UPME, 2003, p.18).

##### **1.3.3.5.2.3. Tiempo de Retención**

Básicamente es el resultado entre el volumen y el caudal de tratamiento, en otras palabras, viene a ser el tiempo promedio en la que la materia efluente se encuentre en el biodigestor, avasallados por acciones de los microorganismos. (UPME, 2003, p.18).

##### **1.3.3.5.2.4. Velocidad de Carga Orgánica**

Consiste en la cantidad de desechos orgánicos cargados por volumen y tiempo. De donde se puede rescatar qué si se tiene valores bajos, significaría baja concentración de materia en el influente o también elevado tiempo de retención. El aumento en la OLR genera una minimización en la generación de gas por

unidad de materia orgánica introducida, debiendo encontrar un valor óptimo técnico/económico para cada instalación y residuo a tratar. (UPME, 2003, p.18).

#### **1.3.3.5.3. Potenciales y Rendimiento**

La obtención de metano o biogás que se producirá de un residuo determinado depende de su potencial (producción máxima), del tiempo de retención, de la velocidad de carga orgánica, de la temperatura de operación y de la presencia de inhibidores. (D.J., 2001).

#### **1.3.3.5.4. Nivel de Carga**

Corresponde al proceso que carga la materia fermentativa en el biodigestor para determinar la cantidad de materia orgánica, para efectos de cálculo se ha dividido en materia seca (MS) o materia orgánica (MO) echada todos los días al biodigestor en volúmenes cúbicos. La MO o sólidos volátiles (SV) se refiere a la parte de la MS o sólidos totales (S<sub>OT</sub>), que se evaporan por quemar a temperaturas mayores a 500°C. Los SV tienen elementos orgánicos, materias digestivas procesadas de forma anaerobia para generar metano. Los excrementos llegan a tener una capacidad de materia seca (MS) superior al 10% de la combinación excremento y agua. En consideración los desechos obtenidos en los establos, antes de tratarlos se tiene que disolver. (D.J., 2001, p.79).

Así mismo, la generación de biogás es eficiente cuando el volumen está en relación al peso de la materia seca (MS) o sólidos volátiles (SV). La generación de biogás es amplia está entre el 1% y 30% del grado de concentración. El factor determinante para la mejor concentración es la temperatura. En época de verano entre 25 y 27 °C el balance es de 6%, en primavera a 10 y 12 % a temperaturas de 18-23 °C. (D.J., 2001, p. 81).

#### **1.3.3.5.5. Nutrientes**

Es necesario disponer de carbono orgánico, los microorganismos requieren de nitrógeno, fósforo y otros factores de crecimiento porque tienen efectos complejos. Las metanobacterias se inhiben severamente por falta de nutrientes a falta de una alta concentración de nutrientes. La escasa cantidad de nutrientes no debe ser causa con los alimentos concentrados. (Contreras, 2006, p.62)

Es más lento la degradación de materia cuando tiene alto concentrado de carbono sin embargo el periodo de generación de biogás es prolongado. La producción de biogás depende de las relaciones de C:N. por ejemplo, la relación de C: N en excedentes porcinos es de 9 a 3; en vacunos de 10 a 20; en gallinas de 5 a 8; para humanos es de 8 y para residuos vegetales es de 35. La relación óptima se considera en un rango de 30:1 hasta 10:1, una relación menor de 8:1 inhibe la actividad bacteriana debido a la formación de un excesivo contenido de amonio. (D.J., 2001, p.87).

#### **1.3.3.6. Volumen**

Francisco Javier Pérez González define al volumen como Magnitud métrica tipo escalar por ser definida en tres dimensiones debido a su extensión, se deriva de la longitud porque se halla al multiplicar la longitud, el ancho y la altura. Matemáticamente no solo se define en cualquier espacio euclideo si no también en espacios métricos.

En el sistema internacional la unidad de medida es el metro cubico ( $m^3$ ) y para medir la capacidad se utiliza el litro, las mismas que se relacionan por las equivalencias entre litro y decímetro cubico. (Pérez, 2001, p. 483).

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litro} = 0,001 \text{ m}^3 = 1000 \text{ cm}^3.$$



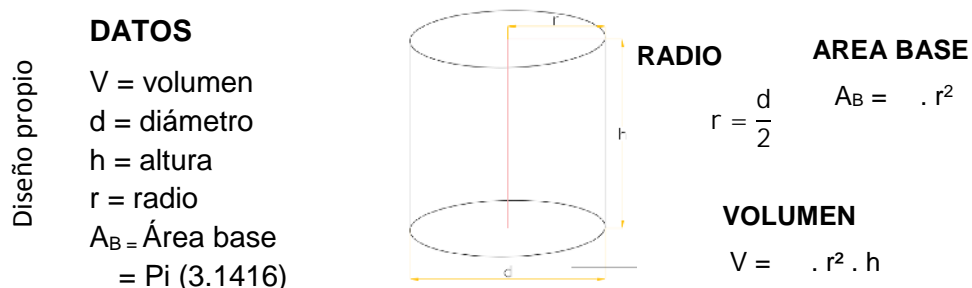
Algunos de los múltiplos y sub múltiplos usuales son:

Múltiplos		Submúltiplos	
Kilometro	$10^9$	Decímetro	$10^{-3}$
cúbico	$m^3$	cúbico	$m^3$
Hectómetro	$10^6$	Centímetro	$10^{-6}$
cúbico	$m^3$	cúbico	$m^3$
Decámetro	$10^3$	Milímetro	$10^{-9}$
cúbico	$m^3$	cúbico	$m^3$

### 1.3.3.6.1.1. Volumen de un Cilindro

La palabra cilindro, se origina del griego “kylindros” que quiere decir “rodillo”, y es un cuerpo solido geométrico que posee dos extremos planos y redondos u ovalados muy similares y con un lado curvo, cuyo desarrollo es un rectángulo. altura. Existen varios tipos de cilindros, como el rectangular, es cuando el eje se presenta perpendicular a la base; el oblicuo cuando no es perpendicular a la base y el de revolución, cuando está limitado por una superficie que gira en 360 grados. (Marx, 2009, Párr. 1).

**Gráfico N° 10**



Cálculo del volumen de un cilindro

### 1.3.3.7. Presión de un Gas

Francisco Álvarez Belenguer busca hacer entender lo que es la presión de los gases manifestando que; los gases ejercen presión sobre cualquier superficie con la que entren en contacto, ya que las moléculas gaseosas se hallan en constante movimiento. Al estar en movimiento continuo, las

moléculas de un gas golpean frecuentemente las paredes internas del recipiente que los contiene. Al hacerlo, inmediatamente rebotan sin pérdida de energía cinética, pero el cambio de dirección (aceleración) aplica una fuerza a las paredes del recipiente. Esta fuerza, dividida por la superficie total sobre la que actúa, es la presión del gas. (Álvarez, 2013, p. 4).

$$\text{Presión (Pa)} = \text{Fuerza (N)} / \text{Área (m}^2\text{)}$$

#### **1.3.3.8. Contaminación Ambiental**

Lucia Sepúlveda Ruiz en su libro la contaminación ambiental indica que; se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente ya sea físico químico o biológico o bien por la combinación de varios en lugares, formas y concentraciones de tal manera que pueda ser nocivo para la salud, la seguridad, o perjudicar para la vida vegetal, animal y que impida el uso normal de un lugar. (Sepúlveda, 1999, p. 7).

##### **1.3.3.8.1.1. Efecto Invernadero**

Para Lucia Sepúlveda Ruiz, el efecto invernadero es el aumento de la temperatura en la atmósfera producido por la concentración de gases, principalmente dióxido de carbono, proceso en el que la radiación térmica emitida por la superficie planetaria es absorbida por los gases de efecto invernadero atmosféricos que a la vez es irradiada a la superficie, dando como resultado el aumento de la temperatura. "Si se mantiene la concentración atmosférica de los principales gases responsables del efecto invernadero, la temperatura media de la Tierra habrá ascendido 1,3 °C en el 2020 y 3 °C en el 2070". (Sepúlveda, 1999, p. 20).

#### **1.3.3.8.1.2. Gases de Invernadero**

Los denominados gases de efecto invernadero o gases invernadero, responsables del efecto descrito, son: Vapor de agua ( $H_2O$ ), Dióxido de carbono ( $CO_2$ ), Metano ( $CH_4$ ), Óxido de nitrógeno ( $N_2O$ ), Ozono ( $O_3$ ) Clorofluorocarbonos (CFC), Si bien todos ellos (salvo los CFC) son naturales, en tanto que ya existían en la atmósfera antes de la aparición del hombre; desde la Revolución industrial y debido principalmente al uso intensivo de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con el agravante de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero. (Sepúlveda, 1999, p. 29).

La organización de Naciones Unidas (ONU) ya ha alertado sobre aumentos de temperatura sin precedentes debido al cambio climático, y varios estudios que ha llevado a cabo pronostican que **podrían aumentar hasta 4,8°C a lo largo de este siglo**. Esto causaría inundaciones y sequías, así como tormentas más violentas si las emisiones continúan creciendo. (ONU, 2016, Párr. 8)

#### **1.3.3.9. Método Estadístico**

En consideración a lo que indica Gorgas, Cardiel y Zamorano; qué, para realizar un estudio preliminar de datos recogidos es necesario el cálculo de distintas magnitudes características de la distribución, entonces las distintas magnitudes definidas para resumir la información recogida, a un pequeño número de valores o valores resumen van a permitir comparar nuestras muestras con otras para dar una idea rápida de cómo se distribuyen los datos, así que es evidente que estas medidas se

definen solo para variables cuantitativas. (Gorgas, Cardiel y Zamorano, 2009, p.21).

#### **1.3.3.9.1. La Varianza**

La palabra varianza fue impulsada por el matemático científico inglés Ronald Fisher (1890-1962), este considera que la varianza es una medida de dispersión, definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de la variable respecto a su media, es decir, es la media al cuadrado de los residuos, esta se expresa de acuerdo a la medida en estudio y tiene como valor mínimo cero "0". (Gorgas, Cardiel y Zamorano 2011, pp. 31-62).

### **1.4. Formulación del Problema**

¿Cuál es el efecto de la concentración de los desechos orgánicos humanos en las aguas residuales para generación de biogás, en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca?

### **1.5. Justificación del Estudio**

#### **1.5.1. Justificación Técnica**

La energía es indispensable para la vida, entonces para adquirirla y ponerlo a disposición del usuario generalmente se obtiene de recursos fósiles que, debido a su descomposición genera un alto grado de contaminación al ecosistema, causando daños incontrolables a la atmosfera, a la salud, la flora y fauna. En consideración a la necesidad de contar con energía preservando el ambiente; como cumplir con el acuerdo de buscar cambiar la matriz energética tradicional por fuentes de energías renovable y limpias, para disminuir la emisión de gases altamente contaminantes como el dióxido de carbono y el metano al ambiente a fin de mantener en su forma más natural. El estudio realizado, es generación de energía primaria BIOGÁS utilizando como fuente principal el METANO ( $\text{CH}_4$ ), sabiendo del alto grado de concentración y que encuentra contaminando la atmosfera, debido al proceso natural de descomposición de la biomasa, tales como desechos

orgánicos biológicos de humanos, animales, desperdicios domésticos, industriales, etcétera en el planeta.

En concordancia, las aguas residuales y residuos sólidos por su concentración de metano, son un potencial energético disponible que se viene estudiando y utilizando crecientemente; estos residuos generan un gasto excesivamente alto con el afán de controlarlo; en tal sentido tomando razonablemente el problema y con la necesidad de aumentar el potencial energético conservando el ambiente, este proyecto de investigación muestra la obtención de biogás como energía alternativa para generar electricidad, extraído mediante el proceso anaerobio de las aguas residuales y los desechos orgánicos humanos; biogás METANO  $\text{CH}_4$  que sirve para generar energía eléctrica, biocombustible para vehículos, gas para cocción de alimentos y combustible para calefacción; por otro lado, parte de esta materia debido al proceso anaerobio produce abono BIOL con altas propiedades nutritivas para los cultivos; además las aguas residuales contaminadas se limpian y se puede utilizar en la agricultura.

### **1.5.2. Justificación Económica**

Económicamente la generación de biogás es sostenible, la construcción de los sistemas biodigestores es viable porque varía de acuerdo a la tecnología aplicada, en consideración al lugar, disponibilidad de la biomasa, servicio que se desee realizar, también porque permite disponer de energía inclusive para las familias más alejadas e ubicadas en lugares inaccesibles a los servicios básicos; cualquiera sea la necesidad permite obtener ingresos económicos por cogeneración debido a la disposición de energía eléctrica por el aprovechamiento del biogás en motores de combustión interna, combustible para la cocción de alimentos y así mismo por la venta de abono orgánico líquido o sólido para uso agrario.

### **1.5.3. Justificación Social**

El estudio tiene fines sociales porque se ha considerado principalmente pensando en la calidad de vida de las personas; al generar biogás

aprovechando las aguas residuales de desechos orgánicos humanos; contribuye socialmente en tres aspectos importantes disponer de energía alternativa conforme lo requiere la sociedad y por acuerdos internacionales, contar con un ambiente saludable, disponer del recurso hídrico agua limpia.

#### **1.5.4. Justificación Ambiental**

La obtención de biogás es ambientalmente importante porque contribuye con la disminución de gases de efecto invernadero a la atmosfera; debido al proceso anaerobio realizado a la materia orgánica o biomasa y la captura de los gases metano  $\text{CH}_4$  y dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  principales responsables del efecto invernadero conociendo que el gas  $\text{CH}_4$  es el segundo después del dióxido de carbono en porcentaje contaminando el ambiente. En consideración a esto se ha identificado que el gas metano es producto de los desechos orgánicos generados por los seres humanos y propios de la naturaleza; en tal sentido el estudio captación del biogás es muestra que permite mitigar la emisión de este gas al ambiente, producto o biogás que puede ser utilizado como energía primaria para la generación de electricidad, biocombustible y calor permitiendo disminuir el uso de recursos contaminantes como el petróleo, gas natural, carbón, gas para cocción de alimentos incluso el uso de leña, gas natural carbón; aportando de esta manera en la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.

### **1.6. Hipótesis**

El efecto al aumentar la concentración de desechos orgánicos humanos en agua residual permite producir más biogás en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.

### **1.7. Objetivos**

#### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar el efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos en agua residual para generar biogás en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar mediante cálculo la potencia de energía eléctrica generada a partir del biogás obtenido por efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos, y su análisis de varianza.
- b. Construir biodigestor de acuerdo al diseño en software CAD para generar biogás con los desechos orgánicos humanos en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.
- c. Realizar evaluación económica para generar biogás en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.

## **II. METODO**

### **2.1 Diseño de Investigación**

De acuerdo al fin que se persigue: **Aplicada**

De acuerdo a la técnica de contrastación: **No Experimental**

La investigación del proyecto es no experimental/Aplicada, donde se procesa material orgánico en diferentes proporciones para precisar la relación más apropiada del objeto en estudio.

### **2.2 Variables, Operacionalización**

#### **2.2.1 Variable independiente**

Efecto de la concentración de los desechos orgánicos humanos en la generación de biogás.

#### **2.2.2 Variable dependiente**

Generación de biogás.

Calculo de potencia para generación de energía eléctrica a partir de biogás.



<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<u>INDEPENDIENTE:</u>  Efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos	Proporción que hay entre la cantidad de soluto y disolvente para tener una mezcla homogénea. (Universidad Alcala, 1993, p. 88)	Relación entre desechos orgánicos humanos y agua residual para generar biogás.	volumen	razón	Guías, fichas, formatos
<u>DEPENDIENTES:</u>  Generación de biogás	Digestión anaerobia de la biomasa por descomposición de la materia orgánica sin oxígeno	Capacidad producida de biogás debido al proceso anaerobio de la concentración de desechos orgánicos humanos. (Silva, 2010, p.10)	volumen	razón	Guías, fichas, formatos
Calculo de potencia para generación de energía eléctrica a partir de biogás	Potencial eléctrico transformado en alguna clase de energía, ya sea química, mecánica, térmica o luminosa en energía eléctrica. (Haug, 2017, párr. 1)	Potencial eléctrico producido por la utilización del biogás para transformarlo en energía eléctrica	potencia	razón	Guías, Formatos

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

Nuestra población está conformada por los desechos orgánicos de origen humano y agua residual de los pozos de oxidación en la ciudad de Cajamarca.

### 2.3.2 La Muestra

Debido a la naturaleza de la investigación se considera la muestra igual a la población.

Tabla Nº 1

Diseño propio	VARIABLE INDEPENDIENTE	NIVEL
	Concentración de desechos orgánicos humanos.	a <sub>1</sub>
		a <sub>2</sub>
		a <sub>3</sub>
		a <sub>4</sub>
	VARIABLES DEPENDIENTE	MEDIDA
	Generación de biogás	cm <sup>3</sup>

Concentración de las muestras por niveles

Tabla Nº 2

Diseño propio	Niveles de Factor A			
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>

Muestras por niveles

#### Leyenda:

**Factor A: Variación de la concentración de desechos orgánicos humanos y aguas residuales.**

a1: 10 kg

a3: 20 kg

a2: 15 kg

a4: 25 kg

**Factor B: Cantidad de agua residual**

b1: 40 Litros

## Matriz de diseño

Tabla Nº 3

Variables independiente		Factor A Desechos Organicos Humanos			
		a1	a2	a3	a4
Factor B Agua Residual	b1	a1 b1	a2 b2	a3 b3	a4 b4

Cuadro matriz de evaluación

## Dosificación de biomasa/agua

$N^{\circ}$  Total de pruebas = ( $N^{\circ}$  de matriz) x ( $N^{\circ}$  de réplicas)

$N^{\circ}$  Total de pruebas = (4) x (2) = 8 Dosificaciones

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Las técnicas aplicadas son mediante la **observación y el análisis de documentos**, y se utilizó guías de observación, fichas de registro como **instrumentos** los mismos que se adjunta en anexo II.

**La observación:** Consistió en examinar directamente el hecho y el fenómeno conforme se presentó, realizado de forma espontánea y natural acorde al proceso y plan fijado; registrando los datos de forma constante en fichas de registro conforme las guías; por lo tanto:

**Análisis de documentos:** Corresponió revisar información de acuerdo a la materia en estudio en publicaciones, libros, tesis, revistas, informes, páginas web, noticias, etcétera, los mismos que facilitan la investigación.

### 2.5. Método de Análisis de datos.

Para el desarrollo del proyecto se aplicó el análisis descriptivo mediante el método estadístico de la varianza, la media, cálculo de errores experimentales, suma total de cuadrados.

## **2.6. Aspectos éticos**

Se toma en cuenta la propiedad intelectual, confidencialidad de la información más que utilizada para el estudio; como también evitar herir la susceptibilidad de los demás respetando su privacidad, identidad, y proporcionando resultados reales conforme obtenido e identificado.

### III. RESULTADOS

**3.1 Determinar mediante cálculo la potencia de energía eléctrica generada a partir del biogás obtenido por efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos y su análisis de varianza.**

#### **3.1.1 Ubicación**

El desarrollo del proyecto se ha realizado en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca ubicada a 853 kilómetros de la ciudad de Lima capital del Perú, está a una altitud de 2750 metros sobre el nivel del mar en las coordenadas UTM G84 776739 y 9207649, conforme se indica en el plano de ubicación anexo II; Los pozos lugar donde se desarrolló el proyecto conforma una infraestructura que concentra la metería en estudio denominado lagunas de oxidación, la cual está conformado por seis pozos, donde se debe almacenar y tratar las aguas residuales (actualmente inoperativas), infraestructura que debe almacenar como mínimo los desechos de las 246536 personas conectadas al alcantarillado.

**Gráfico N° 11**

Imagen propia



Lagunas de oxidación ciudad de Cajamarca

#### **3.1.2 Concentración de desechos orgánicos**

La concentración de los desechos orgánicos humanos en los pozos de oxidación de Cajamarca se determinó en función a la cantidad de usuarios

conectados al alcantarillado y acorde a la población de 246536 personas, en promedio a 200 gramos diarios de desechos generados por persona, determinando que se generan 49.307 toneladas de desechos orgánicos humanos; entonces de esta cantidad solo el 24% es masa útil para generar biogás que asciende a 11.834 toneladas diarias, de esta cantidad se hace el cálculo segregando la materia hasta determinar la cantidad de masa volátil que se convierte en biogás resultando la cantidad de 4.856 toneladas, ésta cantidad multiplicada por la producción específica la misma que se ha definido entre 900 – 1200 m<sup>3</sup>/t de masa volátil (MV); entonces para el proyecto se considera la producción específica mínima 900 m<sup>3</sup>/t de masa volátil (MV), dando como resultado 4,370.90 m<sup>3</sup> de biogás al día.

### **3.1.3 Cálculos efecto de la concentración**

Cantidad de desechos orgánicos humanos generados

$$246536 \text{ personas} \times 200 \text{ gramos día} = 49.307 \text{ toneladas día.}$$

Biomasa o Materia Orgánica útil el 24%

$$49.307 \times \frac{24}{100} = 11.834 \text{ toneladas día.}$$

Tasa inorgánica 5%

$$11.834 \times \frac{95}{100} = 11.242 \text{ toneladas día.}$$

Parte de biomasa que no se degrada 28%

$$11.242 \times \frac{72}{100} = 8.094 \text{ toneladas día.}$$

Materia que se convierte en biogás 60%

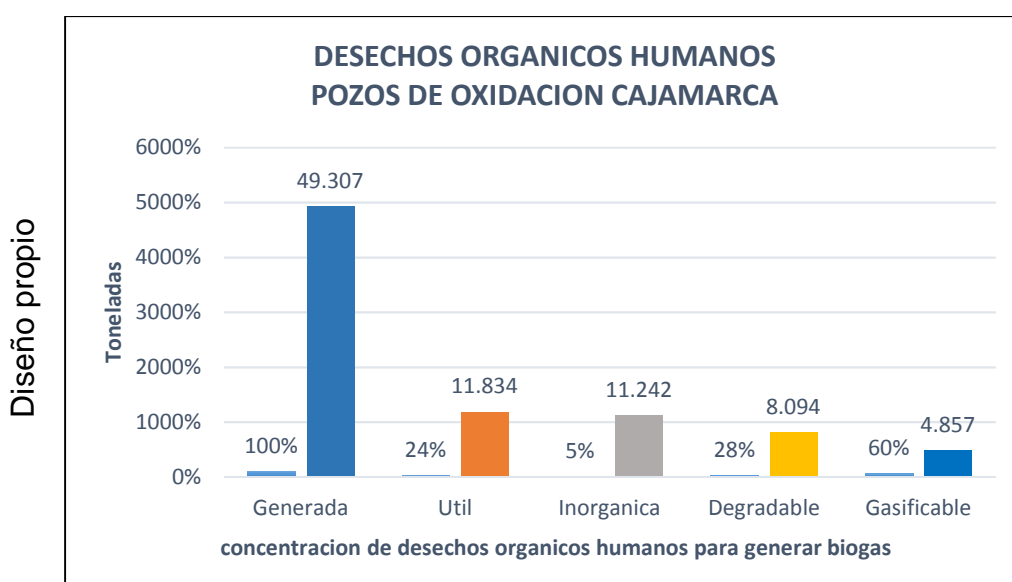
$$8.094 \times \frac{60}{100} = 4.857 \text{ toneladas día.}$$

## Cálculo producción de biogás

$$4.857 \text{ toneladas/día} \times 900 \text{ m}^3/\text{tdiaMV} = 4,371.30 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Interpretación:** El gráfico N° 12; muestra la concentración de materia orgánica biomas en los pozos de oxidación de Cajamarca la misma que asciende a 49.307 toneladas de desechos orgánicos humanos, de donde solo el 24% es materia útil o sea 11.834 toneladas, de esta cantidad el 5% es materia inorgánica descontando tenemos 11,242 toneladas, luego el 28% de la cantidad resultante es materia que no se degrada quedando 8.094 toneladas, y de esta cantidad solo el 60% se convierte en biogás que viene a ser 4.857 toneladas. El detalle de los cálculos es conforme se describe en ANEXO II.

**Gráfico N° 12**



Efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos para generar biogás

### 3.1.4 Cálculo generación de energía eléctrica a partir del biogás.

El resultado para la generación de energía eléctrica a partir del biogás obtenido de los desechos orgánicos humanos es de 2,185 kWh, determinado en relación a 2 m<sup>3</sup> de biogás por cada kWh generado. Acorde

al estudio realizado por Quesada, Arguedas y Botero en su libro generación de energía eléctrica a partir de biogás. El detalle del cálculo se adjunta en anexo II.

$$P = \frac{4,857 \text{ m}^3 \text{ de biogás/día}}{2 \text{ m}^3 \text{ de biogás/día}} \quad 1 \text{ kWh} = 2185.45 \text{ kWh}$$

La cantidad de electricidad producida utilizando el biogás conforme las equivalencias energéticas indicadas por Toala en su tesis diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol de ganado en el rancho verónica, 2013, p.11.

$$P = 4857 \text{ m}^3 \quad 6.5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = 31570.5 \text{ kWh}$$

Esta potencia 31570.5 kWh/día vendida a la tarifa BT5 que asciende a 0.5182 tendríamos un monto de 16,359.83 soles diarios, significando la disponibilidad de energía 947115 kWh al mes y un monto de S/. 490,795.00 soles mensual.

### 3.1.5 Aplicación del método de varianza

El cálculo análisis de varianza se determina acorde al grado de libertad en estudio que asume a 16 y son las muestras realizadas, resulta tener una varianza de 0.669 de los cuatro niveles estudiados, una media de 2.218 entre los valores de producción diaria de biogás, mostrando una desviación estándar que asciende a 0.817 entre las muestras en estudio, con un grado de error para cada muestra es decir en: a1= -93%, a2=0%, a3=41% y a4= 52%, las cuales arrojan márgenes que indican la certeza para la generación de biogás. El detalle de los cálculos se muestra en las tablas N° 10 y 11 paginas N° 84 a 86.

**Interpretación:** La tabla N° 5 muestra los resultados del método estadístico aplicado a los datos de las muestras realizadas; el resultado de varianza es de 0.669 mayor a 0 mostrando que existe diferencia entre



las muestras por lo que la materia en evaluación es importante; el resultado de la media que asciende a 2.218 indica que el promedio de los datos valor que sirve para calcular la varianza y la desviación estándar resulta ser 0.817 ósea que tiene dispersión entre los datos de la media, por lo tanto el objeto en estudio puede concretarse y ser viable.

#### **Determinación de la Varianza**

$$s^2 = \frac{(a - a)^2}{n - 1} = 0.669$$

Leyenda:

$S^2$  = Varianza

$a$  = Número del conjunto de datos

$a_1$  = Media de la muestra

$\Sigma$  = Sumatoria

$n$  = Tamaño de la muestra

#### **Determinación de la Media**

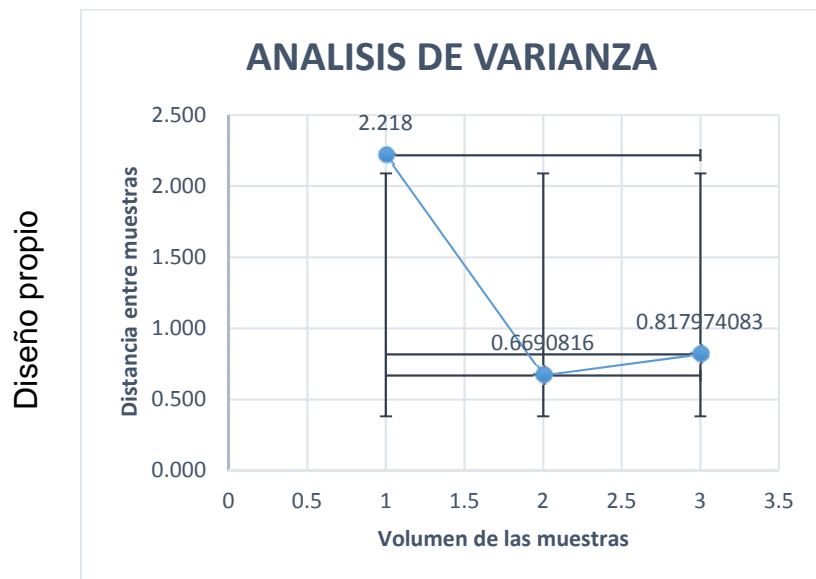
$$a = \frac{a^1}{n} = 2.218$$

#### **Determinación de la Desviación Estándar**

$$\sigma = \sqrt{\frac{(a - a)^2}{n - 1}} = 0.818$$

**Interpretación:** En el gráfico N°. 13, muestra una desviación estándar de 2.218 es decir la diferencia de cada valor respecto a la media, teniendo una media de 0.817, siendo el número central de los datos evaluados ordenados acorde a su tamaño, una varianza de 0.669 que viene a ser la diferencias o media de los residuos al cuadrado, ósea la dispersión de la media existente con respecto a cada valor.

**Gráfico N° 13**



Relación de la desviación estándar, varianza y media

- 3.2. **Construir biodigestor de acuerdo al diseño en software CAD para generar biogás con los desechos orgánicos humanos en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.**

### 3.2.1 Consideraciones para el biodigestor

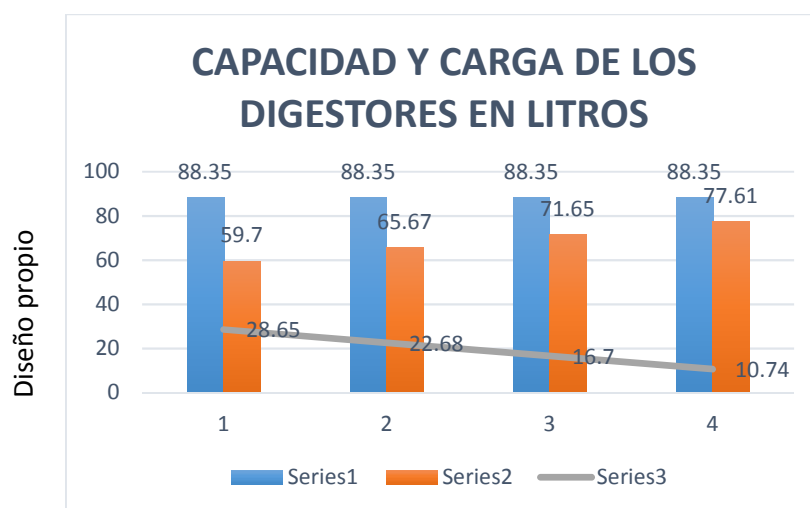
Según cálculos, considerando las muestras desarrolladas en el estudio, se ha determinado y construido un biodigestor con una capacidad de 88.35 litros; en tal sentido siendo los desechos orgánicos humanos a procesar se ha considerado que, el diseño más apropiado debe cumplir las características para fermentar esta materia en aguas residuales; las mismas que se consideró acorde a su carga, de degradación discontinua y por lotes porque como es con fines de evaluación y la muestra se realice hasta que concluya con el proceso anaerobio, teniendo en cuenta el parámetro temperatura se ajustó a degradación psicrófila o temperatura ambiente para obtener datos al ambiente donde se desarrolla el proyecto; ahora de acuerdo a la fermentación realizada se hizo de fermentación en una sola etapa ya que la materia se fermentó hasta terminar con la producción de biogás, además por el diseño considere un reactor anaerobio de flujo ascendente y mantos de lodos para soportar a la materia orgánica en estudio.

### 3.2.2 Cálculo de volúmenes para diseño del biodigestor.

El resultado del calculo efectuado a cada muestra determina la maxima cantidad de carga a procesar, siendo el maximo volumen de 77.61 litros, considerando esta cantidad, se adquirió bidones de 88.35 litros que es el volumen proximo del bidones, considerando darle un espacio vacio para que se acumele el biogas; asi mismo fue necesario disponer de un filtro donde se contenga impurezas y, evitar que salgan junto con el biogás, calculando su capacidad del bidon asciende a 17.45 litros y luego para acumular el biogas se utilizo una camara de neumatico aro 20 que calculando su volumen se determina de 24.617 litros o 24617.6 cm<sup>3</sup>; conforme se muestra en el grafico N° 14. El detalle de los calculos efectuados se adjunta en anexo III.

**Interpretación:** En el gráfico N° 14 se observa el volumen de los biodigestores de 88.35 litros, la carga por muestras y los espacios vacíos disponibles para acumulación del biogás.

Gráfico N° 14



Volúmenes de vacío y con carga en los biodigestores

### 3.2.3 Determinación del volumen de biodigestor.

**Gráfico N° 15**

**Volumen**

$$V = \pi r^2 h$$

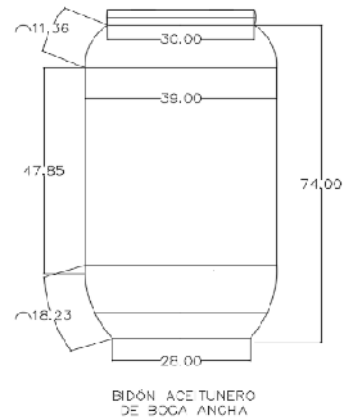
$$V = 3.14 \cdot 19.5^2 \cdot 74$$

$$V = 88354.89 \text{ cm}^3$$

**Litros**

$$88354.89 \left( \frac{1 \text{ Litro}}{1000 \text{ Litros}} \right)$$

$$= 88.35 \text{ Litros}$$



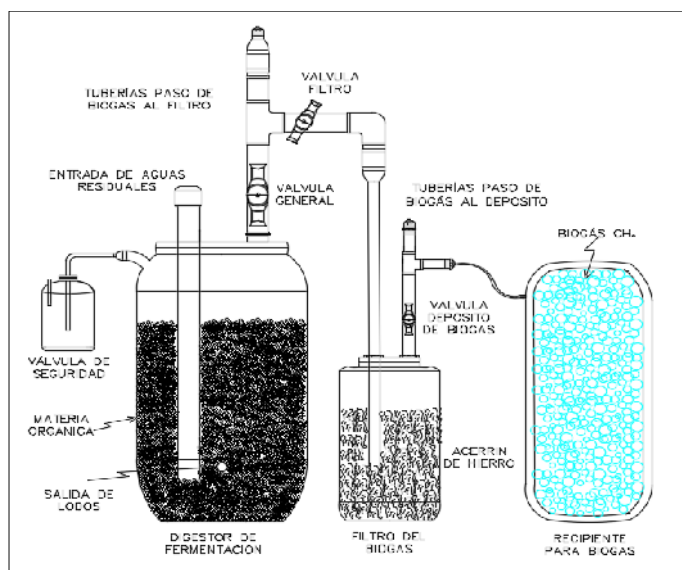
**Cálculo de volumen del prototipo biodigestor**

**Interpretación:** En el gráfico N° 12 se determinó las medidas del bidón adquirido en consideración a la muestra de mayor concentración, podemos ver que tiene una altura de 74 centímetros, un ancho de 39 centímetros y tiene la forma de cilindro; aplicando la fórmula para este tipo de figura nos resulta ser un bidón de 88,359.89 cm<sup>3</sup>, que representa a 88.35 litros de capacidad volumétrica.

**3.2.3 Componentes del biodigestor**

El biodigestor se compuso por el bidón de 88.35 litros o 88,359.89 cm<sup>3</sup> como recipiente de los desechos orgánicos, un bidón para filtro del biogás de 17.44 litros o 17441.13 cm<sup>3</sup>, una válvula de seguridad de 1.70 Litros, una cámara de camión aro 20 que acumula 24.617 litros o 246617. 6 cm<sup>3</sup> para deposito del biogás; acoplados con uniones universales de 2", de ½", uniones reductoras de 2" a 1/2" y de 1 a ½", tubos de pvc de 2" y ½", válvulas de 2" para apertura y cierre para cargar la materia orgánica, válvulas de ½" para control de salida del biogás; conexionado y asegurado con pegamento y formador de empaquetaduras; el diseño es conforme se muestra en la figura N° 15 y el detalle de cada componente se indica en anexo III.

**Gráfico N° 16**

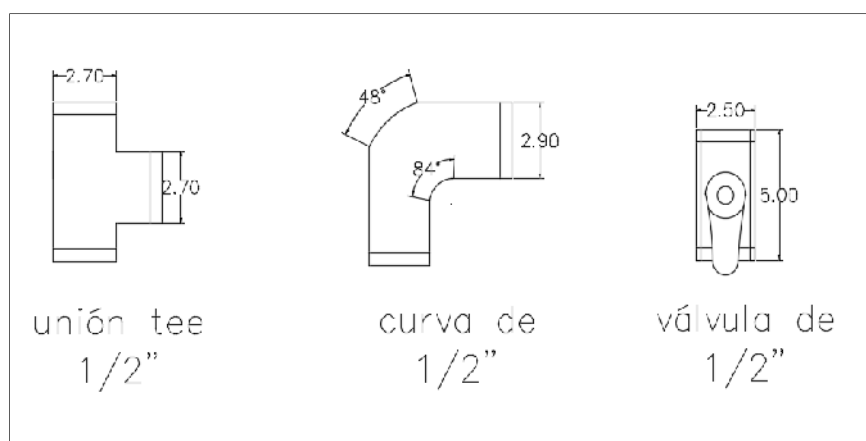


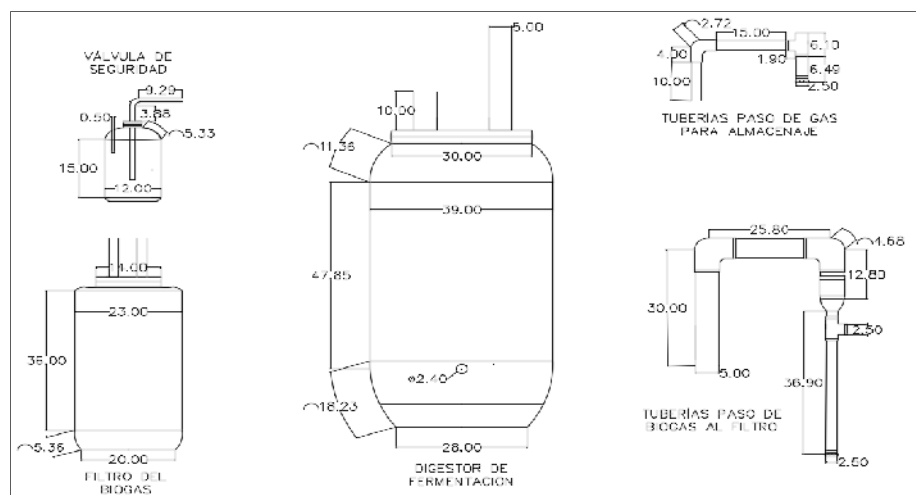
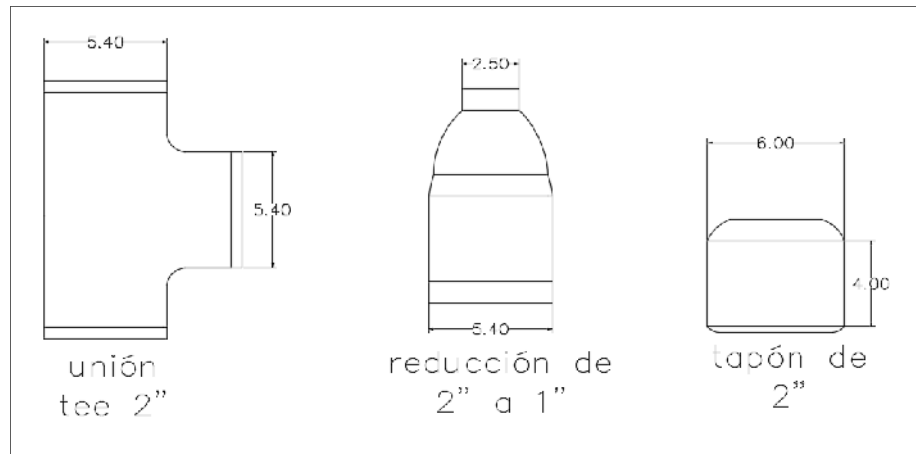
*Diseño del prototipo biodigestor*

### 3.2.4 Accesorios para la construcción del biodigestor.

El material utilizado comprende tubería de PVC 2" para ingreso de la materia orgánica en estudio y conforme la cantidad muestral, para la salida del biogás tubería PVC de 1/2", además para operar y hacer el control se ha instalado válvulas tipo bola de 2" y 1/2". Esto en consideración a los resultados obtenidos de acuerdo a los cálculos efectuados que determinan una producción de 14.5 cm<sup>3</sup> de biogás diario en la muestra de mayor proporción. Fotos de los accesorios se adjunta en anexo III

**Gráfico Nº 17**





Accesorios de PVC para la construcción del biodigestor

### 3.2.5 Construcción de los biodigestores

La construcción de los prototipos biodigestores se realizó de los materiales anteriormente descritos, acoplándolo mecánicamente conforme a las necesidades y requerimiento que tiene el proceso anaerobio de la materia orgánica, desechos orgánicos humanos, teniendo en cuenta que puede producirse la fuga de líquidos, de gas o que explote, para lo cual se utilizó aditivos es decir pegamento para tubería y formador de empaquetaduras, permitiendo sellar herméticamente las uniones; el resultado es conforme se muestra en la siguiente figura.

Gráfico N° 18

Imagen propia



Prototipo biodigestor construido

### 3.2.5 Obtención y carga de las muestras en los biodigestores

El cálculo de cada muestra para determinar la masa que se convierte en biogás a fin de realizar el estudio experimental a escala piloto se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 4

Diseño propio	MUEST RAS	Volumen	Biomasa Util	Masa Volatil	Degradación Masa Volatil	Producción Específica
	Niveles	kg	24%	80%	60%	1.1
	a1	10	2.400	1.920	1.152	1.267
	a2	15	3.600	2.880	1.728	1.901
	a3	20	4.800	3.840	2.304	2.534
	a4	25	6.000	4.800	2.880	3.168

Concentración muestral de la materia orgánica

Las concentraciones de los desechos orgánicos humanos fueron cargados a los prototipos de biodigestores conforme a los niveles propuestos es decir para las muestras a1 = 10/40 kg/l, a2 = 15/40 kg/l, a3 = 20/40 kg/l y a4 = 25/40 kg/l, conforma que, kg (kilogramos) viene hacer la cantidad de materia seca (heces humanas), la misma que varía para cada muestra y l (litros) la cantidad de agua (mezclada por las actividades



domésticas) expulsada por los alcantarillados en una cantidad de 40 litros; de acuerdo a las muestras de estudio y considerando el tiempo de retención, que es hasta que concluya el proceso de fermentación. La operación y proceso de evaluación se realizó desde el día 11 de mayo hasta el 23 de agosto del 2017.

**Gráfico N° 19**

Imagen propia



**Carga de los biodigestores con desechos orgánicos**

### **3.2.6 Temperatura del proceso**

La temperatura de operación se realizó conforme al ambiente, la misma que osciló entre los 10°C durante la noche o días fríos y hasta 32°C en los días calurosos.



Gráfico N° 20

Imagen propia



Verificación de la temperatura microfílica o de operación.

### 3.2.7 pH de operación

La acidez pH de la materia se mantuvo entre los 6.5 y 8, estando dentro del rango óptimo de operación acorde a estudios realizados, permitiendo que el proceso de digestión sea buena y constante.

Gráfico N° 21

Imagen propia

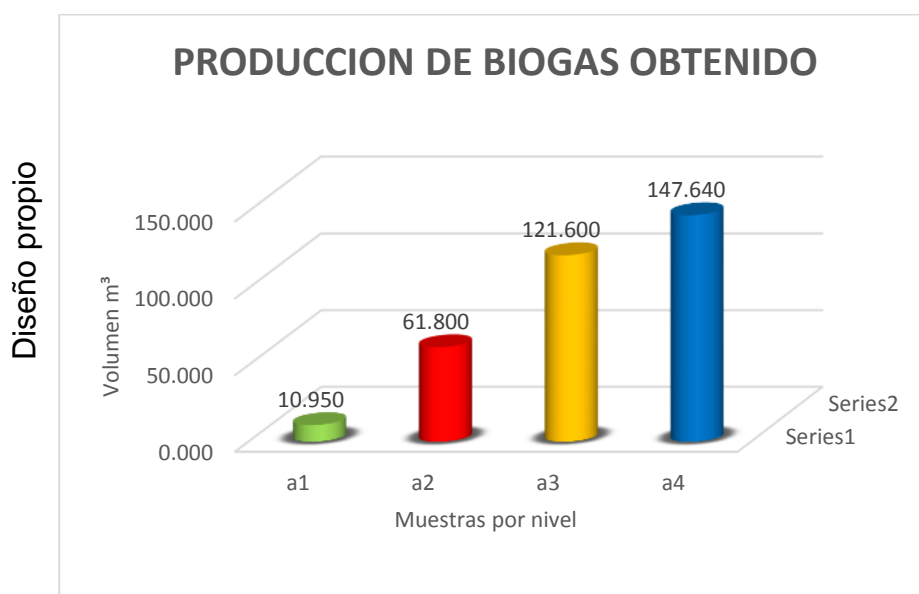


Control de pH

### 3.2.8 Obtención de biogás.

La producción del biogás inició varios días después de la carga, conforme al método de observación se corroboró que la muestra a1 inició su fermentación a los 22 días generando 1 cm<sup>3</sup> máximo de biogás diario y concluyo a los 38 días; la muestra a2 inició su producción a los 12 días llegando a generar un máximo de 1.8 cm<sup>3</sup> diarios concluyendo a los 55 días; la muestra a3 inició su producción a los 7 días llegando a producir un máximo de 2.5 cm<sup>3</sup> de biogás diarios terminando su producción a los 72 días y a4 inicia su producción a los 4 días generando una producción de 3.1 cm<sup>3</sup> día en esta muestra la producción mermo a los 63 días por el atrofia miento de la mescla motivando agitar la mescla para que continúe la emisión del biogás, concluyendo su producción a los 98 días. La evaluación proporciona que la concentración de debe mantener una mezcla orogenia no muy suelta ni muy espesa, porque si la mezcla es muy suelta o se tiene baja materia, la producción de biogás es baja, y si la mezcla es muy alta entonces la generación de biogás merma y se atrofia, requiriendo agitar para que continúe la producción, por lo tanto, si la mezcla es homogénea y que represente una relación 1:2 entonces la producción es constante. El detalle se adjunta en anexo III.

Gráfico N° 22



Producción de biogás conforme a las muestras

Gráfico N° 23



Medición de la cantidad de biogás producido

### 3.2.9 Generación de energía eléctrica a partir del biogás obtenido

Generar energía eléctrica a través de la transformación del biogás, es un proceso que, primero debemos tener la fuente principal y saber la cantidad de energía primaria que se dispone, conforme se realizó durante la generación de biogás; después realizar cálculo que nos permita saber la cantidad de energía eléctrica que se generará utilizando el biogás (principal propósito de del estudio), Ante lo cual se ha realizado el cálculo con los 121.600 m<sup>3</sup> de biogás obtenido durante 30 días y por el efecto de la muestra más apropiada, a fin de determinar la cantidad de energía eléctrica que se produce, para efectos del cálculo se consideró el costo actual de la energía vendida por la concesionaria de la ciudad, utilizando la tarifa BT5 más común al precio actual de S/. 0.5182 soles.

Cálculo determinación de la cantidad de energía eléctrica generada a partir del biogás producido, tomando en cuenta la muestra más óptima “a3” del estudio:

Según Toala

$$P = 121.600 \frac{m^3}{mes} \times 6.5 \text{ kWh soles} = 790.4 \text{ kWh/mes}$$

$$E = 790.4 \text{ kWh} \quad 0.5182 \text{ soles} = 406.42 \text{ soles/mes}$$

Según Quesada y Salas

Calculo de la potencia

$$P = \frac{121.600 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3} \times 1 \text{ kWh} = 60.8 \text{ kWh}$$

Calculo costo de energía producida

$$E = 60.5 \times 0.5182 = 31.35 \text{ soles}$$

### **3.3 Realizar evaluación económica para generar biogás en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.**

Saber si proyectos de este modelo es económicamente viable es una tarea necesario para el estudio; para lo cual es importante describir los gastos incurrido durante el desarrollo del estudio, que involucró la utilización de recursos humanos y materiales para llevar a cabo el proyecto, el mismo que compromete costos y gastos de asesoramiento, adquisición de materiales, construcción del prototipo de biodigestor a escala piloto, construcción montaje del sistema de biodigestor, control y operación, análisis y pruebas, hechos que dieron como resultado la generación de biogás; Entonces usar 20 kilogramos de desechos orgánico humanos con 40 litros de agua residual se produce 121.6 litros de biogás diario (durante 58 días) y transformarlo en 60.8 kW hace un monto de S/. 31.35 soles día esto multiplicado por los 58 días nos da un monto de S/. 1,818.30 soles durante una carga esto comparado con la inversión de S/. 1,160.75 soles para construir el biodigestor y hacer todo el proceso.

Los cálculos realizados no muestran que la inversión se recupera en 8 meses por lo que se determina que el proyecto es viable y sumamente rentable. En los siguientes cuadros se muestra el gasto total del estudio, que hace un monto de S/. 4,643.90 soles en los 4 prototipos de biodigestor, de lo cual se deduce para determinar el valor por unidad.

Tabla N° 5

RESUMEN

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b>			
1.00	UTILES DE LABORATORIO	glb	160.00
2.00	MATERIAL PARA BIODIGESTOR	glb	1310.90
3.00	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	glb	114.00
4.00	MATERIA PRIMA Y PRODUCTO QUIMICO	glb	35.00
	<b>SUB TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES</b>		<b>S/.1,619.90</b>
<b>MANO DE OBRA Y GASTOS GENERALES</b>			
5.00	CONSTRUCCION Y PRUEBAS	glb	720.00
6.00	EQUIPOS Y UTILES DE OFICINA	glb	311.50
7.00	USO HERRAMIENTAS	glb	77.50
8.00	GASTOS GENERALES	glb	1915.00
	<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA Y GASTOS GENERALES</b>		<b>S/.3,024.00</b>

Diseño propio

**TOTAL GENERAL S/.4,643.90**

Costo de inversión

La producción de biogás en la relación más óptima se realizó en un periodo de retención de 58 días, obteniendo la cantidad de 121.600 m<sup>3</sup> mensual, cantidad calculado a una producción de energía eléctrica de 6.5 kWh por 1 m<sup>3</sup> de biogás resulta generar 409.58 kWh, entonces al precio de 0.5182 por kWh se obtiene un ingreso de S/. 409.58 soles por cada biodigestor y un total de S/. 1638.32 soles en los 4 biodigestores.

**Generación de Biogás**

**Generación de Energía Eléctrica**

**Monto en Soles**

Nº Total Tiempo

Tarifa B15 S/. 0.5182

a1 1095 1 día

Factor de conversión

a2 618 1 día

1 m<sup>3</sup> biogás = 6.5 kWh de electricidad

Cantidad 7904 \* 0.5182

a3 1216 1 día

S/. 409.58 mes

a4 14764 1 día

$$P := \frac{121.6 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}} * 6.5 \text{ kWh}$$

S/. 1365 día

Monto Resultado

Cantidad de Biodigestores 4

a3 1216 m<sup>3</sup>/mes

P := 7904 kWh

S/. 1638.32



Realizando el cálculo para determinar el VAN y TIR del proyecto nos proporciona los resultados conforme se detalla en el cuadro. Se adjunta cálculos en anexo III.

**Tabla N° 6**

Diseño propio	CALCULOS FINANCIEROS				
	Calculos del VAN				
	FLUJOS	VALOR NETO	ITE	DESCRIPCION	VALOR
	I0	-4,643.90	n	Número de periodos	12
	F1	8,215.59	i	Tasa de interes	10%
	F2	11,770.84	I0	Inversión Inicial	4643.9
	F3	15,326.10			
	F4	18,881.35			
	F5	22,436.61			
	F6	25,991.87			
	F7	29,547.12			
	F8	33,102.38			
	F9	36,657.63			
	F10	40,212.89			
	F11	43,768.14			
	F12	47,323.40			

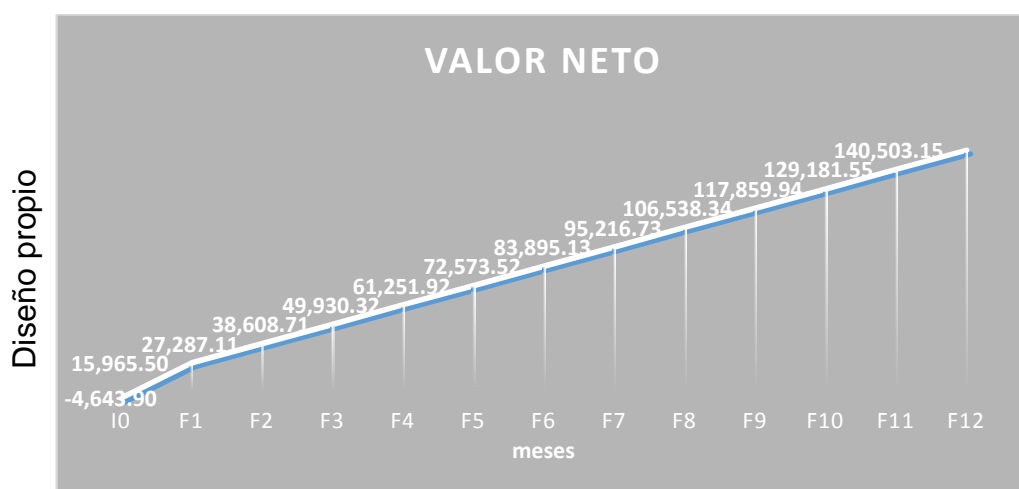
  

<b>DETERMINACION</b>		<b>VALOR</b>
CALCULO DEL VAN :=		S/.157,641.06
CALCULO DE LA TIR :=		213%

**Determinación del VAN y TIR**

**Interpretación:** En la tabla N° 23, se indica el cálculo del VAN, determinado en flujos de 12 meses, por la vida útil del biodigestor, valor que asciende a un monto superable a la inversión y recuperación; un TIR muy superior a la unidad y la tasa de interés, permitiendo que el proyecto sea rentable.

**Gráfico N° 24**



**Periodo de recuperación conforme a flujos de caja**

#### **IV. DISCUSIÓN**

La investigación tuvo como propósito determinar el efecto de la concentración de los desechos orgánicos humanos en las aguas residuales de los pozos de oxidación en la ciudad de Cajamarca, para la producción de energía primaria biogás, con la necesidad de potenciar el desarrollo de las energías alternativas para la generación de electricidad, disponer de biocombustible y generar calor; también aportar en la disminución de gases emitidos a la atmosfera y protección del ecosistema. A continuación, se discute los hallazgos identificados en el estudio.

Los resultados obtenidos en la investigación, muestran que el efecto de los desechos orgánicos humanos en las aguas residuales, son el principal potencial energético para la producción de biogás realizado mediante el proceso anaerobio, para el estudio primero se ha calculado la cantidad de desechos orgánicos humanos que se depositan en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca la misma que asciende a 49.307 toneladas diarias, de los cuales se ha segregado mediante calculado la materia volátil que se convierte en biogás siendo la cantidad de 4.85 toneladas, a esto calculado por la producción específica de  $900 \text{ m}^3$  de biogás por tonelada de masa volátil genera  $4370.90 \text{ m}^3$  de biogás diarios; equivalente a  $1092.725 \text{ m}^3$  de biogás por tonelada diarios. Comparando con los resultados obtenidos por Bosch Martí Adriá que obtuvo una producción de  $1987.00 \text{ m}^3$  de biogás por tonelada, existe una diferencia de  $894.275 \text{ m}^3$  de biogás diario. Por lo tanto, se corrobora que ambos estudios tienen una diferencia del 22% en la producción de biogás, identificando que los motivos son debido a que el desarrollo del proyecto de Bosch se hizo a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$  lo que hace que la metanización sea más eficiente y en menor tiempo de retención, a la vez utilizó biodigestores de laboratorio garantizados y controlados para su operación características que permitieron mayor producción respecto al estudio realizado en los pozos de oxidación de Cajamarca a temperatura ambiente que oscilo entre los  $10^\circ\text{C}$  y  $32^\circ\text{C}$ , ocasionando mayor tiempo de retención, se utilizó prototipos de biodigestores donde se identificó fugas de gas ocasionando la perdida y

disminución del volumen obtenido durante la medición, en otros parámetros como el pH y la humedad para ambos estudios influye porque existe mínimas diferencias que serían sujetos de evaluación. El análisis de varianza realizado a las muestras en estudio, identifica que los desechos orgánicos humanos son la materia fundamental para la generación biogás respecto a las aguas residuales, éstas representan una desviación estándar de 0.67 en relación a las cuatro muestras, resultando una media de 2.22 y con una desviación estándar de 0.82, resultados que muestran la separación que existe entre cada muestra y aseguran la probabilidad de generar biogás sacándolo de los desechos orgánicos humanos siendo factible ya que se pudo concretar el estudio. Mostrando que como todo proyecto aplicado con este método ha tenido resultados concretos durante su ejecución y desarrollo.

Mediante cálculos se determinó la capacidad de biodigestor y construyo prototipos a escala piloto de acuerdo a las muestras realizadas, el diseño obtiene una capacidad de 77.61 litros o 7761 cm<sup>3</sup>, para lo cual se buscó un recipiente que se ajuste a esta capacidad, adquiriendo un bidón aceitunero de 88.35 litros o 8835 cm<sup>3</sup>, conforme al diseño planteado se acoplo a un sistema que comprende en un filtro de 17.44 litros o 1744 cm<sup>3</sup> con aserrín de hierro, una válvula de protección como seguridad para evitar la explosión, un deposito consistente en una cámara de neumático N° 20 de una capacidad volumétrica de 24.617 litros o 24617.6 cm<sup>3</sup>; sellados en las uniones con pegamento para pvc y formulador de empaquetaduras, se cargaron las muestras desechos orgánicos humanos conforme lo planteado, es decir 10, 15, 20 y 25 kg de heces y 40 litros de agua residual en 4 prototipos uno para cada muestra; durante el proceso se tubo fallas de fugas del biogás en varias partes uniones de tuberías válvulas, teniendo que cerrar las valvular para, en unos volver a sellar y otros incrementar pegamento, corrigiendo así las fallas, de todo la evaluación se rescata la muestra de 20/40 kg/l que significó una producción de 121.600 m<sup>3</sup> de biogás sin la necesidad de aplicar el mecanismo de agitación como lo fue la muestra de 25/40 kg/l; este método utilizando materiales de polietileno y pvc dan resultados contundentes en la generación de biogás, considerando



aspectos técnicos en el acoplamiento del sistema dándole un hermetismo seguro para evitar fugas; la contratación de la presión no fue efectiva ya que los manómetros no funcionaron debido a la adquisición inadecuada, ya que requirió uno de muy baja sensibilidad a la presión. En comparación con el biodigestor diseñado por Edwin Eyner Toala Moreira en su proyecto, diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica 2013, hubo similitud, la diferencia entre estos dos fue el acoplamiento y la capacidad de volumen de materia a fermentar, respecto a la producción de biogás es distinto porque se utilizó en uno excremento de ganado vacuno y en el otro las heces humanas agua residual.

El cálculo realizado a la producción de biogás para generar energía eléctrica, muestra la importancia de utilizar esta energía primaria para la generación de electricidad y como combustible; a tal razón en consideración al resultado obtenido en el proyecto realizado por Edwin Eyner Toala Moreira en su estudio diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica; quien determinan un factor de conversión de 6.5 kWh por 1m<sup>3</sup> de biogás. Entonces si por cada 1 m<sup>3</sup> de biogás se genera 6.5 kWh de energía eléctrica; calculamos la cantidad de biogás obtenido en los pozos de oxidación que asciende a 4370.90 m<sup>3</sup>/día en relación a 6.5 kWh obtenemos una potencia de 28.410.85 kWh, y calculando a la tarifa actual BT5 S/. 0.5182 asciende a S/. 14,722.50 soles diario, que durante un periodo mensual es S/. 441,675.07 soles. Ahora calculando con la producción obtenida a escala piloto en los biodigestores construidos de 121.600 m<sup>3</sup> de biogás resulta una potencia de 790.4 kWh, para lo cual, si consideramos el precio de la tarifa BT5 actual de S/. 0.5182 por kWh, el costo de energía es de S/. 409.59 soles mensual por cada biodigestor, este monto multiplicado por los 4 biodigestores hace un manto de S/. 1,638.34 soles diario siendo durante un mes de S/. 49,50.23 soles; Realizado el cálculo del VAN y TIR resulta ser un proyecto rentable.

## V. CONCLUSIONES

- a. En este proyecto se determinó el efecto de la concentración de los desechos orgánicos humanos en las aguas residuales para la generación de biogás en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca, en función al aumento de la materia orgánica para generar biogás, obteniendo el resultado de la cantidad de concentración de heces generadas y depositadas en los pozos de oxidación; realizado el cálculo resulta que se generan 49.307 toneladas al día, la concentración de estos residuos para generar biogás se deriva en biomasa útil el 24% 11.834 toneladas, de esta cantidad el 5% 11.242 toneladas se considera materia inorgánica, de esta parte el 28% 8.094 es materia que se degrada y solo el 60% 4.857 se convierte en biogás; ahora identificado la cantidad de materia que produce biogás, para efectos de estudio se toma  $900 \text{ m}^3/\text{tMV}$  como producción específica entonces realizado el cálculo se obtiene  $4371.3 \text{ m}^3$  de biogás. Con esta energía primaria se genera 31,570.5 kWh diario de energía eléctrica, lo que representa el costo en energía de S/. 16,359.84 soles diario, es así que esto cubre las necesidades de suministro eléctrico de la planta de tratamiento de aguas residuales como también combustible para los vehículos de la organización. Los resultados analizados mediante el método de la varianza que es de 0.669 muestran la magnitud de diferencia entre las variables, corroborando que el desarrollo de este estudio se sostiene en la materia en estudio; otro aspecto importante considerado es limpiar las aguas residuales y minimizar la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera acción que se concreta al usar esta energía y debido al proceso anaerobio, como también producto de esto se obtiene abono con altas propiedades nutritivas para la tierra, que asciende a 8.1 toneladas y que pueden ser vendidas generando ingresos económicos.
- b. Mediante cálculos realizados se determinó que el biodigestor tiene una capacidad de 88.35 litros por lo cual se buscó un tanque que cumpla

con esta capacidad se adquirió bidones de polietileno con tapa hermética la construcción se realizó acoplando al bidón tubería de 2" para ingreso de la materia y salida de los lodos controladas con válvulas de 2" tipo bola de pvc, tubería de 1/2" para salida de biogás implementada con válvulas de 1/2" tipo bola de pvc para controlar el flujo, se implementó un filtro del mismo material compuesto por un bidón de 17.44 litros con aserrín de fierro para extraer los residuos que salen con el biogás e instalo una cámara de neumático de 600 cm<sup>3</sup> como depósito del biogás. El proceso de las muestras de 10/40 kg/l genero 10.950 cm<sup>3</sup> de biogás, 15/40 kg/l genero 61.800 cm<sup>3</sup> de biogás, 20/40 kg/l genero 121.600 m<sup>3</sup> de biogás y 25/40 obtuvo 147 cm<sup>3</sup> de biogás durante el proceso de 63 días, pudiendo corroborar que el experimento realizado es factible y puede aplicarse. Este sistema de digestores para generar biogás con aguas residuales es viable y la generación de biogás por proceso anaerobio es factible, así aportando a contribuir con disponer de ejemplares de estas características para proyectos de más potencia formando parte primordial del sistema para las esperadas fuentes alternativas de energía que permiten preservar el ambiente.

- c. Mediante cálculo se determinó que el proyecto asciende a un monto de S/. 4,643.90 soles teniendo un VAN de S/. 157,641.06 soles y un TIR de 2.13, mostrando que el proyecto es viable, sostenible y rentable en el tiempo. Muestra también que la inversión se recupera en un plazo de un año y medio, en consideración a una vida útil de 12 años.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- a. Extender el estudio de la concentración de los desechos orgánicos generados por las personas, analizando otras cantidades y aplicando la tecnología, aprovechando al máximo la materia para la extracción del metano a fin que sea lo más puro posible.
- b. Efectuar el proceso anaerobio utilizando el mismo sistema de biodigestores a temperatura psicrófila o 35°C, evaluando los parámetros de tiempo de retención, presión, volumen generado y pureza del metano CH<sup>4</sup> obtenido.
- c. Utilizar el biodigestor con las características de diseño, y trabajar en cálculos para determinar un modelo específico acorde a las características de los residuos y lugar del estudio para construir un sistema de biodigestor que comparta las necesidades de energía y cuidado del ambiente.
- d. Recomendando a las autoridades encargadas de las aguas residuales ejecutar este tipo de proyecto, ya que viable y rentable, muestra de ello tenemos un VAN de S/. 157,641.06 soles y una TIR positivo de 213% a un margen del 10%.

## VII. REFERENCIAS

- ADRIA, B. M. (2011). *Estudio de Viabilidad de la Instalacion de Una Planta de Metanizacion en un Buque Crucero*. Barcelona España: Universitat Politecnica de Catalunya.
- ALVARADO, E. P. (2010). *Diseño de un biodigestor para desechos orgánicos de origen vegetal*. JUÁREZ, CHIH: CIMAV.
- ANCALLA, B. L. (2012). *Obtención de Biogás de estiercol de porcino en restos de vegetales, por fermentacion semicontinua*. Tacna Perú: Universidad Jorge Basadre.
- Biodigestores. (mayo de 2011). Recuperado el 27 de agosto de 2016, de [http://www.academia.edu/8184562/Biodigestores\\_Una\\_alternativa\\_a\\_la\\_autosuficiencia\\_energ%C3%A9tica\\_y\\_de\\_biofertilizantes](http://www.academia.edu/8184562/Biodigestores_Una_alternativa_a_la_autosuficiencia_energ%C3%A9tica_y_de_biofertilizantes)
- BOSCHI. (2007). Recuperado el 05 de septiembre de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos42/efluentes-ganaderos/efluentes-ganaderos2.shtml>
- C. Valencia, P. N. (2016). Estudio comparativo de la reactividad de los residuos provenientes de excretas. *Revista Peruana de Quimica . Ing. Quimica Vol 19*, 77-84.
- Carlos Potosi, J. L. (2010). *Energía a Partir de las Aguas Residuales*. España: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Cavallini, J. M. (Abril de 2016). Manual de Buenas Practicas Para el Uso Seduro y Productivo de las Aguas Residuales Domesticas. *Manual de Buenas Practicas Para el Uso Seduro y Productivo de las Aguas Residuales Domesticas*. Lima, Perú, Perú: CREACOLOR SAC.
- Comision Nacional de Energia. (2015). *Comision Nacional de Energia*. (CNE) Recuperado el 25 de Agosto de 2016, de <http://www.cne.cl/tarificacion/hidrocarburos/>
- Contreras, Lopez y Romero. (2006). Producción de biogás con fines energéticos. De lo histórico a lo estratégico. VI(16). Obtenido de [http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/produccion\\_biogas.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/produccion_biogas.pdf)
- Cueva. (2012). Recuperado el 27 de agosto de 2016, de [http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/128/22\\_Cueva\\_Ancalla\\_BL\\_FACI\\_Biologia\\_Microbiologia\\_2012.pdf?sequence=1](http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/128/22_Cueva_Ancalla_BL_FACI_Biologia_Microbiologia_2012.pdf?sequence=1)
- D.J. Martin. (2001). The Site of Reaction in Solid-State Digestion. 79. Obtenido de [http://www.psep.ichemejournals.com/article/S0957-5820\(01\)70925-1/pdf](http://www.psep.ichemejournals.com/article/S0957-5820(01)70925-1/pdf)
- Deublen. (2008). Biogas from waste and renewable.

- Dobelmann et al. (2016). The sustainable winery. *IV*(12).
- Ecologia Verde. (10 de Julio de 2009). (ecologia verde desarrollo sostenible para un mundo mejor) Recuperado el 27 de agosto de 2016, de <http://www.ecologiaverde.com/el-potencial-del-biogas-en-espana/>
- Enersa. (2005). *Enersa*. Recuperado el 27 de agosto de 2016, de Ambientum.com: <http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-04/aprovechamientobiogas.htm>
- García, A. d. (2010). Guia Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Urbanas. *Consolider Tragua*, 1-70.
- González, F. J. (Sin Año). *Cálculo diferencial e integral de funciones de una variable*. Granada Mexico: Universidad de Granada.
- Grupo Saiver Peru S.A.C. (25 de abril de 2006). (Agronegocios Perú) Recuperado el 28 de agosto de 2016, de <http://www.agronegociosperu.org/noticias/cajamarca-biodigestores-benefician-a-familias-de-menores-recursos.htm#.V8r9avmqko>
- Gutierrez et al. (2012). Biogas: Una alternativa ecologica para la produccion de energia. *VII*(85).
- Huaman. (2008). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. [Lima]: Development Index.
- Institut Universitari D'Estudis Europeus. (2009). *Energia del sglo XXI: Perspectivas Europeas y Tendencias Globales*. Bellaterra Barcelona España: GAM Imprenta Digital, S.L.
- J. Fernando Larios-Meño, C. G. (2015). Las Aguas Residuales y Sus Consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer - Universidad USIL Perú*, 10-25.
- Javier Gorgas Garcá, N. C. (2011). *Estadística Basica para Estudiantes de Ciencias*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- José Carlos Machlcao, J. A. (2013). *Matriz Energetica en el Perú y Energías Renovables*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Juan Manuel Osuna Aguilar, J. A. (2009). *Ecología y Medio Ambiente* (Vol. Segunda Edición). (C. d. Sonora, Ed.) Hermosillo, Estado de Sonora, Mexico: Impreso en Mexico.
- Martinez. (02 de Abril de 2005). Recuperado el 26 de agosto de 2016, de [repositorio.espe.edu.ec: http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/308/8/T-ESPE-026444-4.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/308/8/T-ESPE-026444-4.pdf)

- MEM Ministerio de Energia y Minas. (31 de Mayo de 2010). Prpuesta de Política Energetica de Etado Peru 2010-2040. Lima, Peru, Lima Callao: Sin.
- Moreira, E. E. (2013). *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtencion de biogas a partir del estiercol de ganado en el rancho veronica*. Riobamba Ecuador: Escuela Politecnica de Chimborazo.
- Mundial, B. (5 de abril de 2016). Recuperado el 28 de Septiembre de 2016, de <http://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- OSINERGMIN. (2016). *La Industria de la Electricidad en el Perú*. LIMA: GRAFICA BIBLIOS S.A.
- OSINERGMIN. (2017). *La Industria de Energia Renovable en el Peru*. Lima: GRÁFICA BIBLIOS S.A.
- Quilumbago y Robalino. (20 de Junio de 2012). Recuperado el 05 de octubre de 2016, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2002/1/03%20EIA%20328%20Tesis.pdf>
- R. Quesada, N. S. (2007). *Generacion de Energia Electrica a Partir de Biogas*. Las Mwercedes de Guasmo, Limon, Costa Raca: Universidad EARTH.
- Ramos. (2014). Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de [http://oa.upm.es/28957/1/JUAN\\_LUIS\\_RAMOS\\_SUAREZ.pdf](http://oa.upm.es/28957/1/JUAN_LUIS_RAMOS_SUAREZ.pdf)
- REN21. (2016). Recuperado el 26 de septiembre de 2016, de [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_KeyFindings\\_SPANISH.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings_SPANISH.pdf)
- Rilling, P. (1985). Recuperado el 27 de septiembre de 2016, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcit275d/doc/bmfcit275d.pdf>
- Salazar et al. (17 de noviembre de 2012). Recuperado el 25 de agosto de 2016, de <http://perusolar.org/wp-content/uploads/2013/01/6.pdf>
- Samani, Z. (2004). Generacion de energia y fertilizantes orgánicos a partir de residuos agricolas. *I*(155).
- Sandoval. (2006). *Organizacion de los estados americanos*. Recuperado el 29 de agosto de 2016, de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128192419.pdf>
- Silva. (25 de septiembre de 2008). (Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente) Recuperado el 27 de agosto de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>
- Silva, C. (2010). Tecnologia del Biogas. *II*(85).

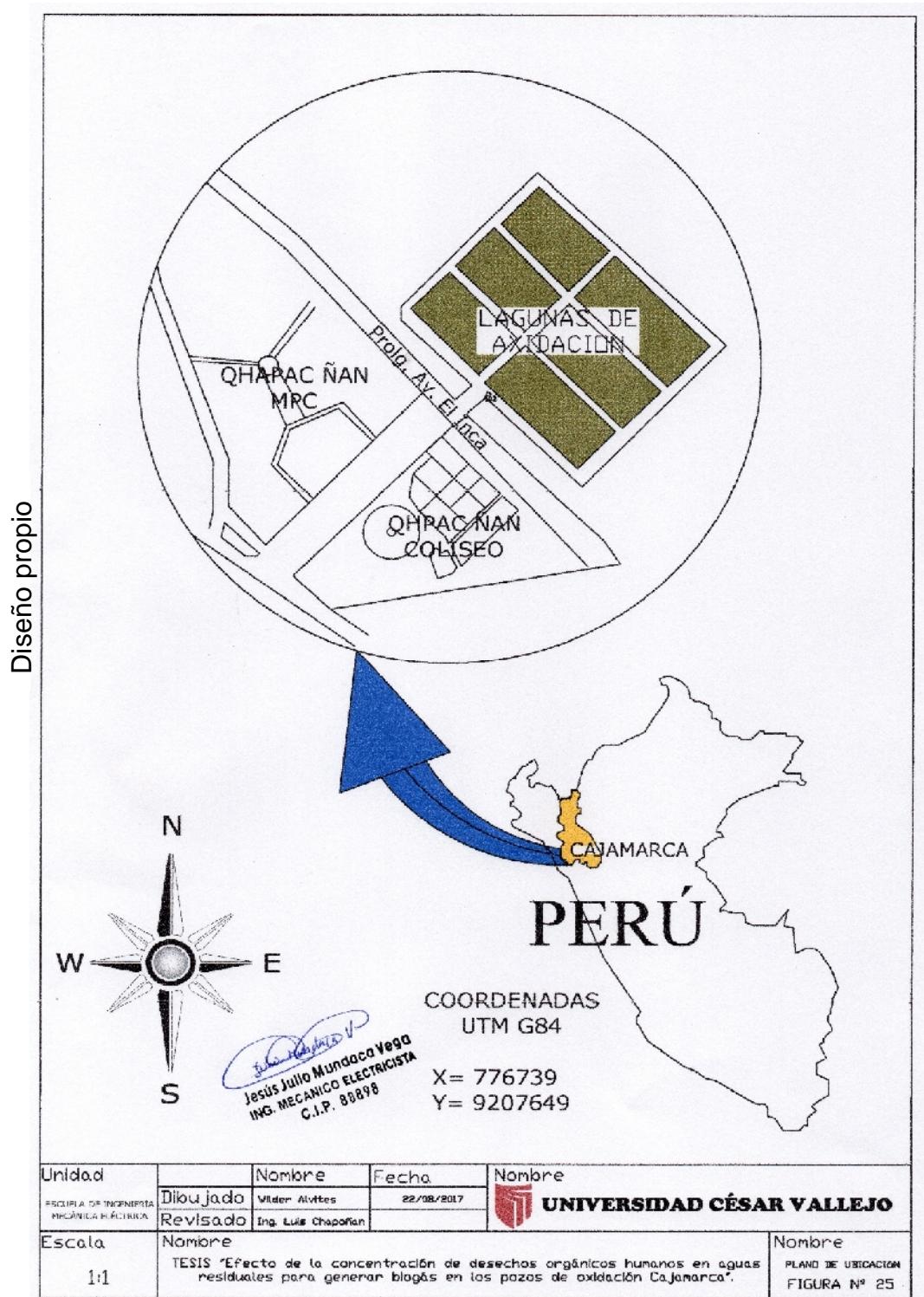
- Tellez. (2008). (Universidad Austral de Chile) Recuperado el 28 de agosto de 2016, de Cybertesis: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfci275d/doc/bmfci275d.pdf>
- Tomas. (20 de agosto de 2009). *blog*. Recuperado el 28 de agosto de 2016, de <http://fuentedeenergia.blogspot.pe/2009/07/ventajas-y-desventajas.html>
- UPME Unidad de Planeacion Minero Energetico. (20 de 03 de 2003). Guía Para la Implementación de Sistemas de Produccion de Biogás. *Guía Para la Implementación de Sistemas de Produccion de Biogás*. Bogota, Bogota, Colombia: UPME Bogota.
- Urra. (2009). Recuperado el 26 de Agosto de 2016, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fau.81e/doc/fau.81e.pdf>
- V., J. A. (2013). *Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales*. Cali Colombia: Universidad del Valle.
- V., J. A. (s.f.). *www.uasb.org*. (Universidad del Valle. Cali Colombia) Recuperado el 04 de 12 de 2016, de [www.uasb.org](http://www.uasb.org): [www.uasb.org](http://www.uasb.org)
- Vanero. (2011). Recuperado el 26 de agosto de 2016, de <http://www.fao.org/>: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- Vargas, R. (2014). *Mi Primer Libro de Ecología*. Cerrada Loma Bonilla Mexico: Mexico.
- Vinasco, J. P. (2017). Tecnología del Biogas. *Ingeniería de los Recursos Ambientales y del Ambiente*, 1-19.



## Anexo A. Plano de ubicación del estudio

Ubicación de las lagunas de oxidación de la Ciudad de Cajamarca.

Gráfico N° 25



Plano ubicación del estudio

## Anexo B. Ficha recolección de datos

### ✓ Instrumentos

Ficha de recolección de datos.

**Tabla N° 7**  
**REGISTRO INDICADORES DE GENERACION BIGAS BIOL**

PROYECTO: ENERGÍA

FECHA : jueves, 22 de Junio de 2017

Temperatura .....

pH .....

SEMANA : DEL: ..... AL: .....

Diseño propio

Nº	REFERENCIAS			RELACION		BIOGAS PSI			BIOL KG		
	FECHA	HORA	Cº	MO	H O	MAÑ	TAR	NOC	MAÑ	TAR	NOC
A1											
A2											
A3											
A4											
A1											
A2											
A3											
A4											
A1											
A2											
A3											
A4											
A1											
A2											
A3											
A4											
A1											
A2											
A3											
A4											
A1											
A2											
A3											
A4											
A1											
A2											

Tabla Nº 8

T i e m p o ( d í a s )	V o l u m e n ( l i t r o s )			
	1 0 k g h e c e s	1 5 k g h e c e s	2 0 k g h e c e s	2 5 k g h e c e s
	A g u a s R e s i d u a l e s ( 4 0 l i t r o s )			
D I A S	a 1	a 2	a 3	a 4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	1
4	0	0	1	1.7
5	0	0.5	1.5	2.4
6	0	0.8	2	2.9
7	0	1.1	2.8	3.5
8	0	1.4	3.7	4.3
9	0	1.4	4.6	4.9
10	0	2	5.2	5.5
11	0	2.5	5.8	6.3
12	0	2.7	6.4	6.8
13	0	3.8	7.2	7.6
14	0	4.4	7.9	8.4
15	0.25	5	8.6	8.9
16	0.38	5.8	9.3	9.8
17	0.56	6.4	10	10.4
18	0.64	7	10.6	10.8
19	0.72	7.8	11.2	11.7
20	0.8	8.5	11.8	12.2
21	0.85	9.1	12.4	12.8
22	0.9	9.5	12.8	13.4
23	0.93	9.7	13	13.8
24	0.93	9.8	13.3	14.2
25	0.93	9.9	13.3	14.5
26	0.94	10	13.5	14.2
27	0.94	10	13.3	14.5
28	0.95	10.1	13.5	14.2
29	0.94	10.1	13.3	14.5
30	0.93	10	13.5	14.2
31	0.92	10.1	13.3	14.5
32	0.92	10	13.5	14.2
33	0.91	10.1	13.3	14.5
34	0.91	10	13.5	14.2
35	0.91	10.1	13.3	14.5
36	0.9	10	13.5	14.2
37	0.88	10.1	13.3	14.5
38	0.87	10	13.5	14.2
39	0.86	10.1	13.3	14.5
40	0.8	10	13.5	14.2
41	0.83	10.1	13.3	14.5
42	0.81	10	13.5	14.2
43	0.8	10.1	13.3	14.5
44	0.7	10	13.5	14.2
45	0.5	10.1	13.3	14.5
46	0.4	10	13.5	14.2
47	0.3	10.1	13.3	14.5
48	0.1	10	13.5	14.2
49	0.05	10	13.3	14.5
50		9.8	13.5	14.2
51		9.7	13.3	14.5
52		9.7	13.5	14.2
53		9.6	13.3	14.5
54		9.6	13.5	14.2
55		9.5	13.3	14.5
56		9.5	13.5	14.2
57		9.4	13.3	14.5
58		9.3	13.5	14.2
59		9.2	13.3	14.5
60		9.1	13.5	14.2

Diseño propio

Ficha registro de datos en operación

### **Anexo C. Detalle del objetivo específico “a”**

**Determinar mediante cálculo la potencia de energía eléctrica generada a partir del biogás obtenido por efecto de la concentración de desechos orgánicos humanos y su análisis de varianza.**

El departamento de Cajamarca tiene gran variedad de biomasa de origen vegetal, animal, mineral, desechos orgánicos producidos por el hombre, en tal sentido el estudio se aboca a los desechos orgánicos humanos en las aguas residuales, sabiendo que, en la actualidad esta materia no está siendo manejada adecuadamente por la precaria infraestructura del sistema de recolección, conformado por alcantarillados que llevan la concentración a pozos de oxidación, lagunas que se encuentran inoperativas por el colapso y deterioro de la infraestructura, motivo que restringe hacer algún proceso de tratamiento, a tal motivo estas aguas son derivadas directamente a canales de riego y al río Mashcon, de donde se utiliza para desarrollar cultivos agrícolas y pastos para la cría de ganado, después de este uso parte regresa a los ríos, y, esta agua es aprovechada para consumo humano; Problema que sucede no solo en nuestra ciudad sino en muchas ciudades a nivel mundial sobre todo en los países en desarrollo. Motivo por el cual este proyecto puede adaptarse a cualquier planta de recolección y tratamiento de aguas residuales, pero se ha escogido los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca por la facilidad de ubicación y acceso, a la vez aprovechando la oportunidad que no existe un sistema de tratamiento de aguas residuales se disponga para que en posterior se tenga en cuenta efectuar un diseño que aproveche esta biomasa, de manera útil como generar energía limpia y abono, no solo esto sino permitiendo obtener ingresos económicos, evitando la emisión de gases de efecto invernadero además limpiar las aguas contaminadas utilizadas por el hombre.

Las lagunas de oxidación tienen una antigüedad de 22 años, se encuentra ubicadas junto al Proyecto Qhapac Ñan, están conformadas por seis pozas, que abarcan una extensión de 16 hectáreas. Fueron construidas para una población de 57 mil habitantes y para tratar hasta 70 litros por segundo de aguas residuales; hoy en día la población de Cajamarca distrito es de 246 mil habitantes, sumando los 20 mil ciudadanos flotantes diarios que usan los servicios de agua y desagüe, lo que genera 187 litros por segundo de aguas servidas sin ser tratadas. Debido a esto, las actuales pozas de oxidación han colapsado. En anexo se adjunta plano de ubicación. (Scribd, 2012, Párr. 1).

La población de la ciudad de Cajamarca está conformada por 246536 habitantes, de los cuales todos sus residuos orgánicos son trasladados a los pozos de oxidación. Para realizar los cálculos se considera los porcentajes de masa seca, masa volátil, degradación y producción de biogás capaces de generar el mayor volumen de biogás posible, forma más ideal a la que se puede llegar a un rendimiento de la instalación y calcular la producción de biogás, para obtener esto es necesario hacer pruebas con la finalidad de tener un margen adecuado en consideración a un diseño de la planta y así comprobar que cumple con las expectativas. Las pruebas consisten en fabricar biodigestores para hacer pruebas en diferentes cantidades de muestras a ver la mejor la capacidad de biogás que se genera, así determinar la concentración más apropiada en función al volumen de biogás obtenido. (INEI, 2016, p.6).

En Cajamarca su población genera grandes cantidades de residuos sólidos procedentes de los sanitarios. Para obtener la cantidad de desechos orgánicos humanos que se generan diariamente se ha tenido en consideración estudios realizados en “Laboratorios Norton S.A.” en donde conforme su investigación, determina que una persona sana genera entre 50 y 100 gramos de sólidos diarios llevando una dieta cárnica, entre 200 y 400 gramos teniendo una dieta vegetariana y entre 100 y 200 gramos teniendo una dieta mixta. Para este estudio se

considera la dieta mixta y que independiente del desayuno, almuerzo y cena se come algo más por lo tanto se genera más residuos de lo normal, entonces tomamos como valor de referencia 200 gramos de solidos diarios.

Calculando la cantidad de desechos orgánicos procedentes de los habitantes tenemos:

Población = 246536

Desechos x día = 200 g

DHO = 246536 personas 200 gramos

DHO = 49'307.200 gramos = 49.307 toneladas

DOH = Desechos Orgánicos Humanos

Desechos Orgánicos Humanos generados al día = **49.307** toneladas.

Conocida la cantidad de desechos orgánicos humanos generados por día y que deberían ser recolectados en los pozos de oxidación, para procesarlo y generar biogás, se considera necesario obtener el porcentaje de masa seca debido que cualquier líquido que contenga no genera biogás. En el caso de desechos orgánicos humanos se estima que cerca del 76% es agua y solo se aprovecha el 24% de la biomasa. Es necesario conocer el porcentaje de la masa volátil que es la que genera el biogás, enfocados a la materia en estudio las heces de los humanos contienen un 80-95% de materia orgánica. Así mismo determinar el porcentaje de degradación para conocer la cantidad de materia orgánica que se degrada durante el tiempo de retención y que se trasforma en biogás. Se sabe que el porcentaje de degradación que llega a tener un biodigestor dependiendo del tipo de biomasa, tipo de persona y de su alimentación; conforme la practica el porcentaje de degradación fluctúa en 35-75%. (Bosch, 2011, p.31).

Conocido la cantidad de biomasa que produce biogás podemos calcular los metros cúbicos de biogás que se genera por tonelada de materia volátil que se degrada. Este resultado es la producción específica de biogás, teniendo en cuenta la composición de la materia orgánica y la fuente de donde proviene el valor cambia acorde a la cantidad.

Para el caso de los desechos orgánicos humanos en aguas residuales se determina en las siguientes proporciones:

$$\% \text{ Masa Seca} = 5\% - 24\%$$

$$\% \text{ Masa Volátil} = 80\% - 95\%$$

$$\text{Porcentaje de degradación} = 60\% - 72\%$$

$$\text{Producción específica de biogás} = 900 - 1200 \text{ m}^3/\text{t MV}$$

Considerando que la calidad y la degradación de los desechos orgánicos humanos es óptimo y calculado la cantidad de biogás que se puede generar obtenemos lo siguientes:

Cantidad de Desechos Orgánicos Humanos = 49.307 toneladas de donde se descuenta las concentraciones siguientes:

**Determinación de la materia útil el 24%**

$$49.307 \text{ toneladas} \times \frac{24}{100} = 11.834 \text{ toneladas}$$

**Calculo de la taza inorgánicas humedad el 5%**

$$11.834 \text{ toneladas} \times \frac{95}{100} = 11.242 \text{ toneladas}$$

**Calculo de la materia no degradable el 28%**

$$11.242 \text{ toneladas} \times \frac{72}{100} = 8.094 \text{ toneladas}$$

**Calculo de la materia que se convierte en biogás 60%**



$$8.094 \text{ toneladas} \times \frac{60}{100} = 4.856 \text{ toneladas}$$

Mediante el cálculo se ha determinado la concentración de los derechos orgánicos humanos resultando tener **4.856** toneladas de masa que se convierte en biogás

Obtenido la concentración o materia que se convierte en biogás, realizamos el cálculo para saber la cantidad de biogás que se produce, esta cantidad multiplicamos por la producción específica de 900 m<sup>3</sup> de biogás por tonelada tenemos:

$$4.856 \text{ toneladas} \times 900 \text{ m}^3 = 4,370.90 \text{ m}^3 \text{ de biogás diario.}$$

La cantidad de **4,370.90 m<sup>3</sup>** sería la producción de biogás en una planta de tratamiento de las aguas residuales desarrollada en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.

#### **Calculo para la generación de energía eléctrica utilizando el biogás**

Para determinar la potencia en energía eléctrica a generar se tomó un factor de 6.5 kWh por 1 m<sup>3</sup> de biogás.

#### **Calculo de conversión a kWh**

$$4,370.90 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}^3 \quad 6.5 \text{ kWh} = 28,410.85 \text{ kWh}$$

#### **Calculando a un precio de tarifa BT5 de S/. 0.5182.**

$$28,410.85 \text{ kWh} \quad 0.5182 = \text{S/. } 14,722.50 \text{ soles diario}$$

#### **Aplicación del análisis de varianza**

Planteamiento de la hipótesis alterna

**H<sub>1</sub>:** El incremento de la concentración de los desechos orgánicos humanos en las aguas residuales incrementa el volumen de biogás producido mediante el proceso anaerobio en un biodigestor.



Nivel de Significancia

En ingeniería se trabaja con 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

Criterio de rechazo

Se rechaza la hipótesis si  $F_{abs} > F_{rel}$ , donde el  $F_{abs}$  se obtiene experimentalmente y el  $F_{tabular}$  se obtiene de tablas.

**Tabla Nº 9**

Diseño propio	Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Medida de Cuadrados	F	F . . ; v1.
	<b>A</b>	a -1	SS <sub>A</sub>	MS <sub>A</sub>		
	<b>Error</b>	a(n-1)	SS <sub>E</sub>	MS <sub>E</sub>		
	<b>Total</b>	N - 1	SS <sub>T</sub>			

Resumen análisis de varianza bi factorial

Determinación de la varianza a muestras realizadas en función a los factores A y B. Para encontrar la varianza se aplicó las funciones estadísticas a los datos de volumen de biogás diarios obtenidos:

**La varianza**

$$S^2 = \frac{(a-a_i)^2}{n-1}$$

**La media**

$$a_i = \frac{a_i}{n}$$

**Desviación**

$$= \frac{(a-a_i)^2}{n-1}$$

La varianza

$$S^2 = \frac{(a-a_i)^2}{n-1} = 0.669$$

La media

$$a_i = \frac{a_i}{n} = 2.218$$

Desviación

$$= \frac{(a-a_i)^2}{n-1} = 0.817$$

**Tabla Nº 10**

Diseño propio	Factor A \ Factor B		Aguas Residual (Litros)	
			40	SUMA B
			b1	
	Factor A	Factor B		
Concentracion de Desechos Organicos Humanos y Aguas Residuales kg/l	10	a1	-0.819	
		SUMA	-0.819	-0.819
	15	a2	11.822	
		SUMA	11.822	11.822
	20	a3	17.830	
		SUMA	17.830	17.830
	25	a4	19.331	
		SUMA	19.331	19.331
SUMA A			48.165	48.165

Varianza de las muestras estudiadas

Grado de libertad

Niveles "a" := 4  
 Niveles "b" := 4  
 N° Repeticiones "r" := 2

Grado de Libertada "a" : (a-1) := 3

Graodos de Libertad "b" : (b-1) := 3

Grados de libertada del error a\*b(r-1) := 16

**Calculo de cuadrados para el factor A (Tipo de modificación superficial). Según capacidad y carga de los biodigestores.**

**Media de cuadrados**

$$M = \frac{(a1 + a2... + an)}{n}$$

Media a1:

$$M = \frac{25.96}{49} = 0.530$$

Media a2:

$$M = \frac{454.6}{60} = 7.577$$

Media a3:

$$M = \frac{643.5}{60} = 10.725$$

Media a4:

$$M = \frac{689.9}{60} = 11.498$$

**Calculo de la suma de cuadrados totales de los niveles.**

$$SS_A = \sum_{x=1}^4 x \left( \frac{Ma1^2}{b \times n} - \frac{Ma1total^2}{ma1 \times b \times n} \right)$$

**Nivel a1:**

$$SS_A = \sum_{x=1}^4 x \left( \frac{0.530^2}{-0.819 \times 48} - \frac{7.921^2}{0.530 \times -0.819 \times 48} \right) = 12.016$$

**Nivel a2:**

$$SS_A = \sum_{x=1}^4 x \left( \frac{7.577^2}{11.822 \times 59} - \frac{7.921^2}{7.577 \times 11.822 \times 59} \right) = 0.281$$

**Nivel a3:**

$$SS_A = \sum_{x=1}^4 x \left( \frac{10.725^2}{17.830 \times 59} - \frac{7.921^2}{10.725 \times 17.830 \times 59} \right) = 0.415$$

**Nivel a4:**

$$SS_A = \sum_{x=1}^4 x \left( \frac{11.498^2}{19.331 \times 59} - \frac{7.921^2}{11.498 \times 19.331 \times 59} \right) = 0.444$$

**Calculo de la suma de cuadrados entre:**

$$SS_{sub} = (SSa_1 + SSa_2 + SSa_3 + SSa_4)$$

$$SS_{sub} = (11.771 + 0.277 + 0.408 + 0.437) = 12.90.$$

**Calculo de la suma de cuadrados totales:**

$$STC = \frac{(a1-M)^2 + (a2-M)^2 + \dots + (ax-M)^2}{n}$$

$$STC = 155455.67$$

**Cálculo de la suma de cuadrados de error:**

$$e_{\text{abs}} = f_m - f_r \qquad e_{\text{rel}} = \frac{f_m - f_r}{f_r}$$

**Resultados del cálculo de error**

valores	valor exacto	absolutos	relativos
0.530	7.582	-7.053	-93%
7.577	7.582	-0.006	0%
10.725	7.582	3.143	41%
11.498	7.582	3.916	52%

**Tabla N° 11**

Diseño propio	Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Medida de Cuadrados	F <sub>abs</sub>	F <sub>rel</sub>
	A	4	30	8	0	0
	Error	0	13	0	0	0
	Total	3	43	8	0	0

Análisis de resultados mediante la varianza

#### **Anexo D. Detalle del objetivo específico “b”**

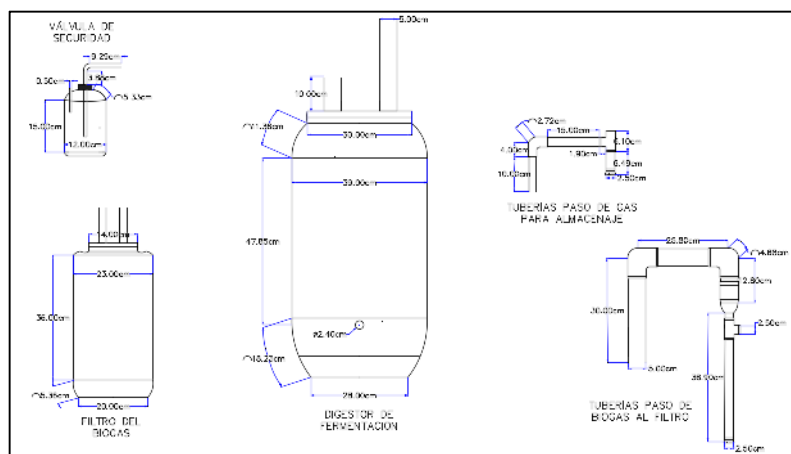
##### **Construir biodigestor de acuerdo al diseño en CAD para generar biogás con los desechos orgánicos humanos en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.**

El desarrollo del proyecto amerita la utilización de un prototipo biodigestor, para lo cual es necesario realizar un diseño de acuerdo a las necesidades y características de la materia a tratar entre otras; Para este estudio se realizaron cálculos con la finalidad de ajustar los recursos y materiales para no sub o sobre dimensionar las capacidades de las muestras a procesar, en tal sentido se ha utilizado un programa de computación CAD para realizar el diseño y construir el equipo biodigestor por lo que en consideración a los parámetros principales como el tipo de carga en este caso degradación continua y por lotes es decir que se carga una vez hasta concluir el proceso, tipo que ayuda a la obtención de datos completos del experimento; por otra parte de acuerdo a la temperatura de operación se decidió hacerlo a temperatura psicrófila o temperatura ambiente, para tener datos a la temperatura ambiente y ver la reacción por los cambios de temperatura en su forma natural; también en consideración al tiempo de fermentación se hizo para ser en una sola etapa para que nos permita saber en qué tiempo concluye o se degrada totalmente la materia muestral; teniendo en cuenta la seguridad para manipular y controlar el producto, residuos y equipo se asumió construirlo con material de PVC bien acoplados que evite la fuga de líquido, gas o que pueda explotar. De acuerdo a estudios y diseños ya realizados el diseño realizado se asemeja a un reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos además por la materia orgánica a tratar, es decir desechos orgánicos humanos y aguas residuales.

Una vez realizado el diseño y hechos los cálculos se buscó los materiales, los mismos que fueron acoplados mecánica y herméticamente conformando el biodigestor, también al diseño se

Diseño propio

## Prototipo de biodigestor



## Diseño propio

## GENERACION DE BIOGAS TEORICO

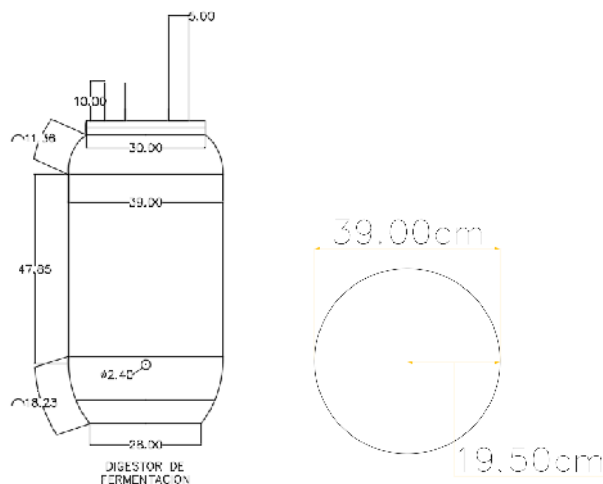
Categoría	Serie 1	Serie 2
1	50	45000
2	55	66000
3	60	72000
4	65	78000

100

### Determinación de carga según los niveles a evaluar.

Se ha considerado efectuar cuatro niveles, que corresponde a procesar 10, 15, 20 y 25 kilogramos de desechos orgánicos humanos con 40 litros de agua residual, obteniendo que la concentración más apropiada genera el nivel a3 de 20/40 kg/l, esto de forma más natural, en este nivel se obtuvo una generación de 643.5 litros de biogás, sin la necesidad de implementar un sistema de agitación, en comparación con el biodigestor que recibió la carga del nivel 25/40 kg/l, en este se tuvo que agitar para reactivar la generación cada cierto periodo hasta terminar con el proceso de digestión. En la figura se muestra la cantidad volumétrica de biogás obtenido.

#### a. Calculos capacidad del biodigestor



#### Área Base

$$A_B = \pi r^2$$

$$A_B = 3.1416 \times 19.5^2$$

$$A_B = 3.1416 \times 19.5^2$$

$$A_B = 3.1416 \times 380.25$$

$$A_B = 1075.21 \text{ cm}^2$$

#### Volumen

$$V = \pi r^2 \times h$$

$$V = 3.14 \times 19.5^2 \times 74$$

$$V = 3.14 \times 380.25 \times 74$$

$$V = 88354.89 \text{ cm}^3$$

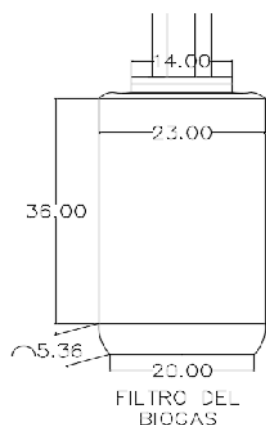
#### Litros

$$88354 \times \left( \frac{1 \text{ Litro}}{1000 \text{ cm}^3} \right)$$

$$= 88 \text{ 35 Litros,}$$

## b. Cálculo capacidad del filtro de biogás.

Gráfico N° 28



### Volumen

$$V = (\pi r^2 h)$$

$$V = (3.14 \cdot 11.5^2 \text{cm} \cdot 42\text{cm})$$

$$V = 17441.13 \text{ cm}^3$$

### Litros

$$17441.13 \times \left( \frac{1 \text{ Litro}}{1000 \text{cm}^3} \right) = 17.44 \text{ Litros,}$$

Volumen del filtro de biogás

## 3.1.1 Capacidad de carga de los biodigestores acorde a muestras.

### 1. Nivel "a1"

Relación 10/40 kg/litros; 10 kg de desechos orgánicos humanos y 40 litros de aguas residuales, es igual a 50 litros o kilogramos.

### Volumen de carga

$$V = (\pi r^2 h)$$

$$V = (3.14 \cdot 19.5^2 \text{cm} \cdot 50\text{cm})$$

$$V = 59699.25 \text{ cm}^3$$

### Litros

$$59699 \text{ cm}^3 \times \left( \frac{1 \text{ Litro}}{1000 \text{cm}^3} \right) \\ = 59.70 \text{ Litros.}$$

### 2. Nivel "a2"

Relación 15/40 kg/litros; 15 kg de desechos orgánicos humanos y 40 litros de aguas residuales, es igual a 55 litros o kilogramos.



**Volumen de carga**

$$V = (\pi r^2 h)$$

$$V = (3.14 \cdot 19.5^2 \text{cm} \cdot 55 \text{cm})$$

$$V = (65669.175 \text{ cm}^3)$$

**Litros**

$$59699 \text{ cm}^3 \times \left( \frac{1 \text{ Litro}}{1000 \text{ cm}^3} \right)$$

$$= 65.67 \text{ Litros.}$$

**3. Nivel “a3”**

Relación 20/40 kg/litros; 20 kg de desechos orgánicos humanos y 40 litros de aguas residuales, es igual a 60 litros o kilogramos.

**Volumen de carga**

$$V = (\pi r^2 h)$$

$$V = (3.14 \cdot 19.5^2 \text{cm} \cdot 60 \text{cm})$$

$$V = (71639.1 \text{ cm}^3)$$

**Litros**

$$71639.1 \text{ cm}^3 \times \left( \frac{1 \text{ Litro}}{1000 \text{ cm}^3} \right)$$

$$= 71.65 \text{ Litros.}$$

**4. Nivel “a4”**

Relación 25/40 kg/litros; 25 kg de desechos orgánicos humanos y 40 litros de aguas residuales, es igual a 65 litros o kilogramos.

**Volumen de carga**

$$V = (\pi r^2 h)$$

$$V = (3.14 \cdot 19.5^2 \text{cm} \cdot 65 \text{cm})$$

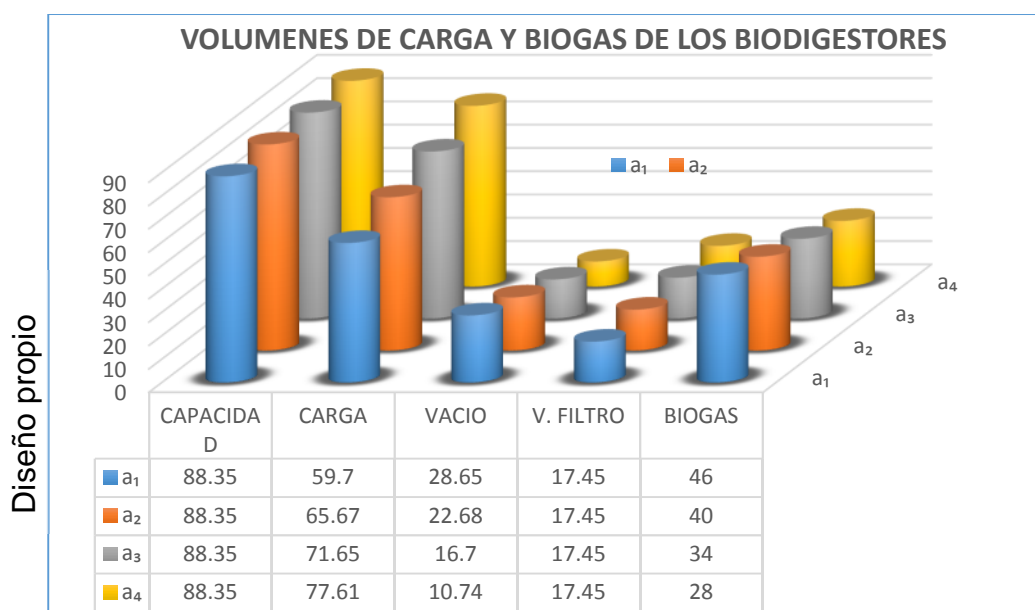
$$V = 77609.025 \text{ cm}^3$$

## Litros

$$77609.025 \text{ cm}^3 \times \left( \frac{1 \text{ Litro}}{1000 \text{ cm}^3} \right) \\ = 77.61 \text{ Litros.}$$

**Interpretación:** En el grafico se muestra los volúmenes de capacidad del biodigestor, en donde se ve que los digestores son de 88 litros, la carga de materia orgánica acorde a cada muestra, el espacio vacío para la acumulación de biogás, capacidad del filtro y disponibilidad para almacenar el biogás.

**Gráfico N° 29**



## Volumen de capacidades y carga de los biodigestores

### Diseño del prototipo de biodigestor para el estudio.

Realizado los cálculos y determinado la capacidad del biodigestor se realizó el detalle de los componentes y como se acoplan al sistema de biodigestor describiendo las medidas y distribución de los accesorios, considerando las operatividad y control que se ejercerá durante el

proceso. Los componentes tienen las medidas conforme se describe en las figuras.

Gráfico N° 30

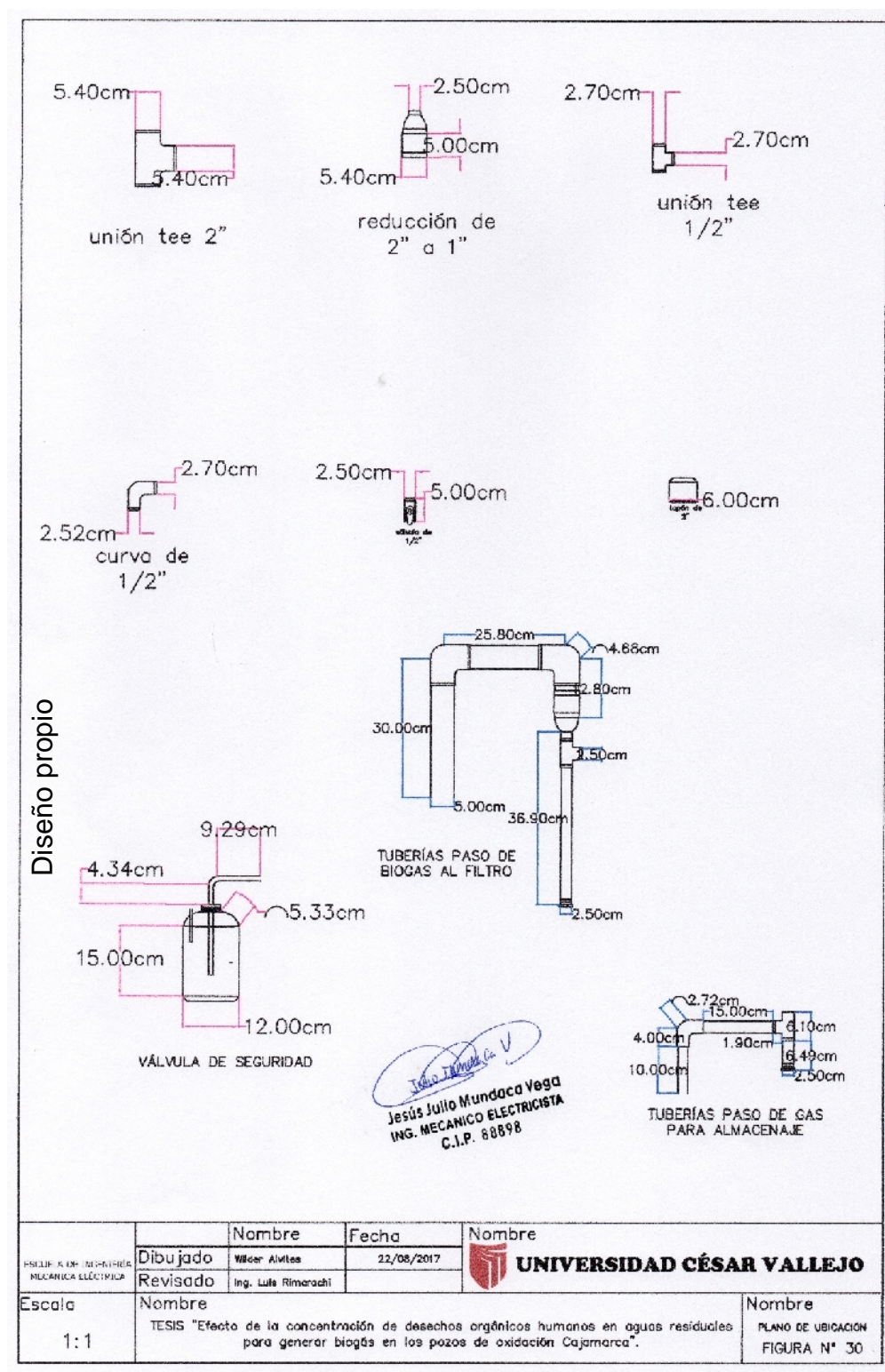
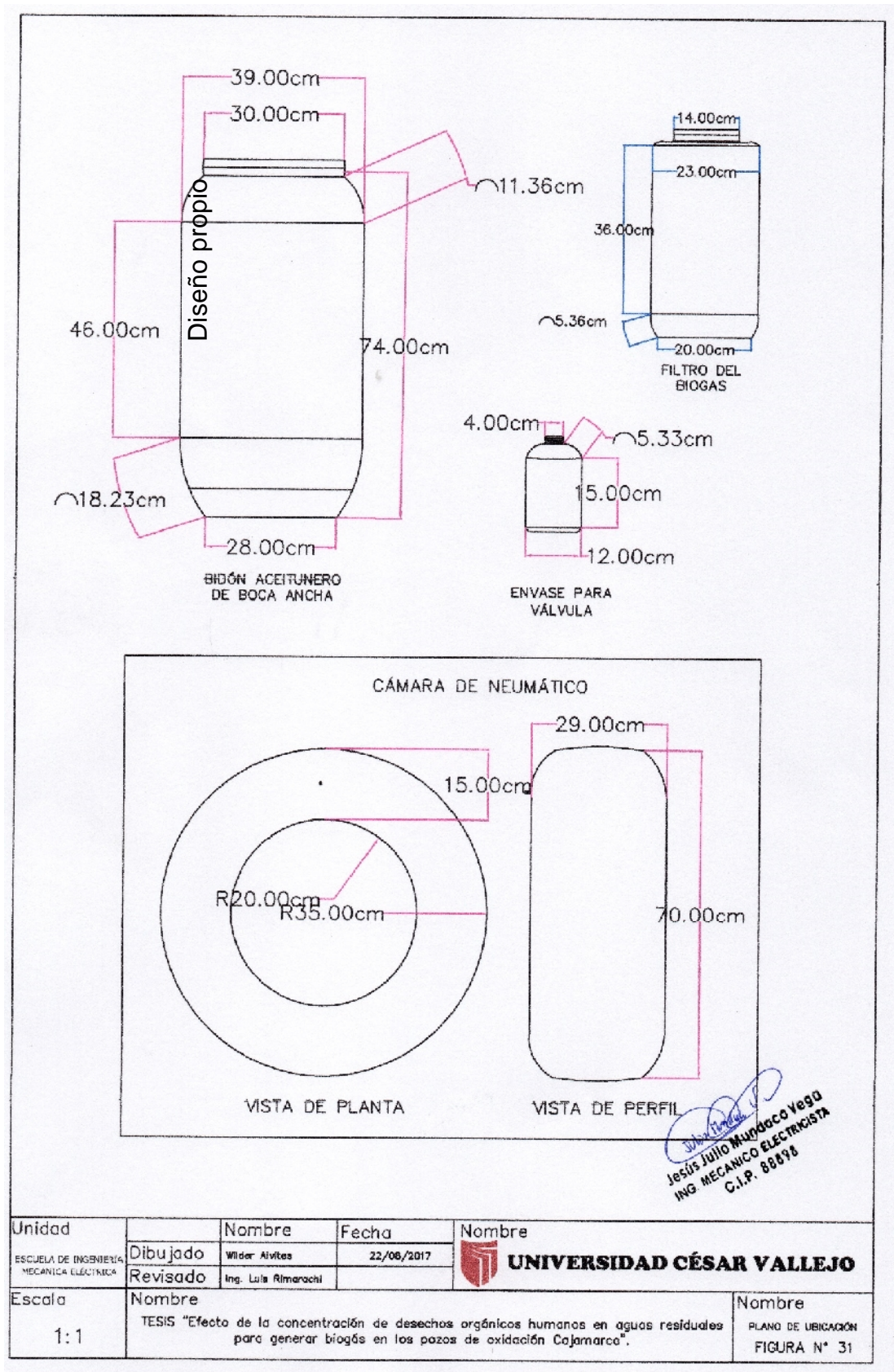


Diagrama de construcción del biodigestor



Gráfico N° 31



Vistas del digestor y filtro



Gráfico N° 32

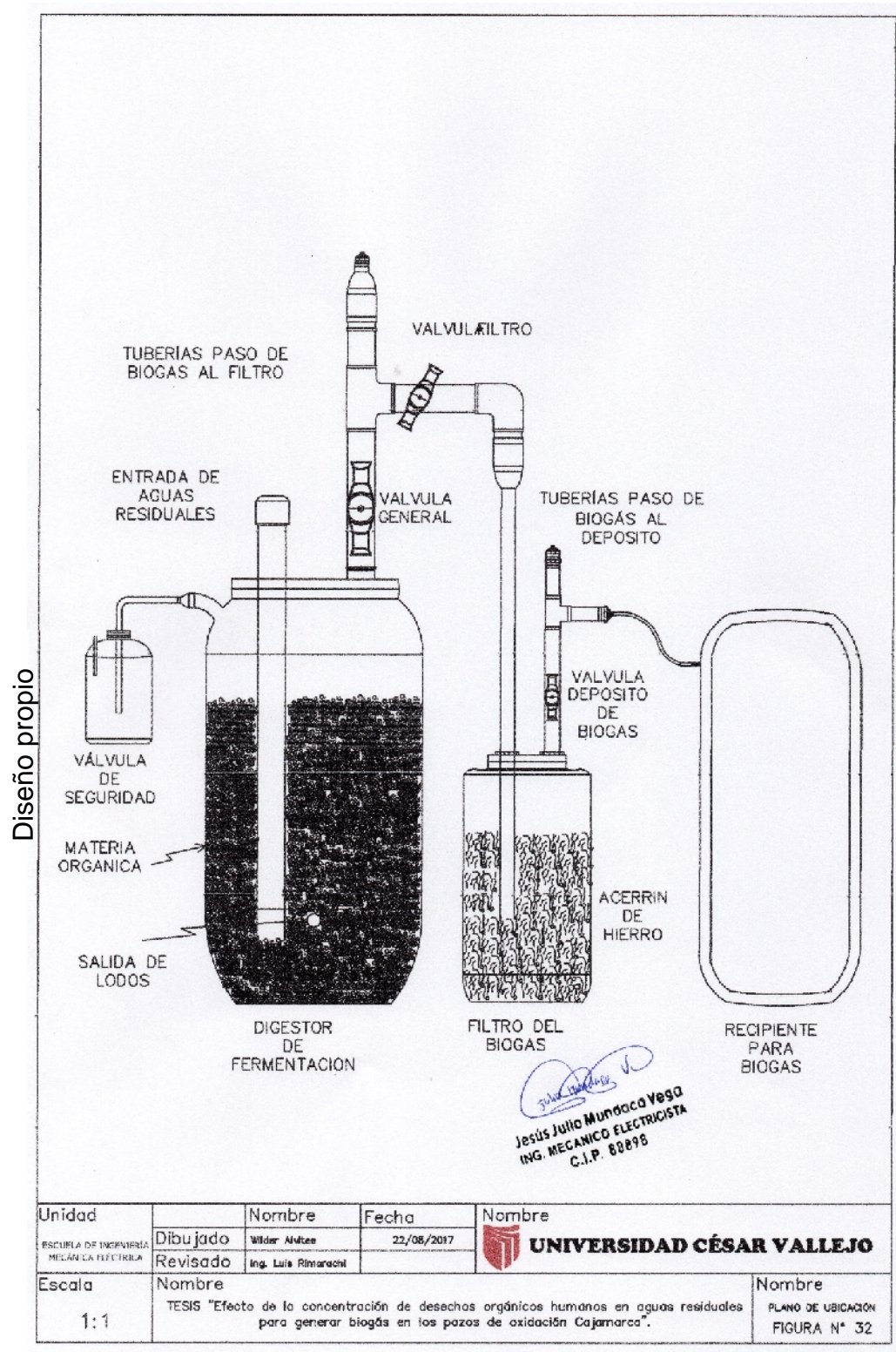
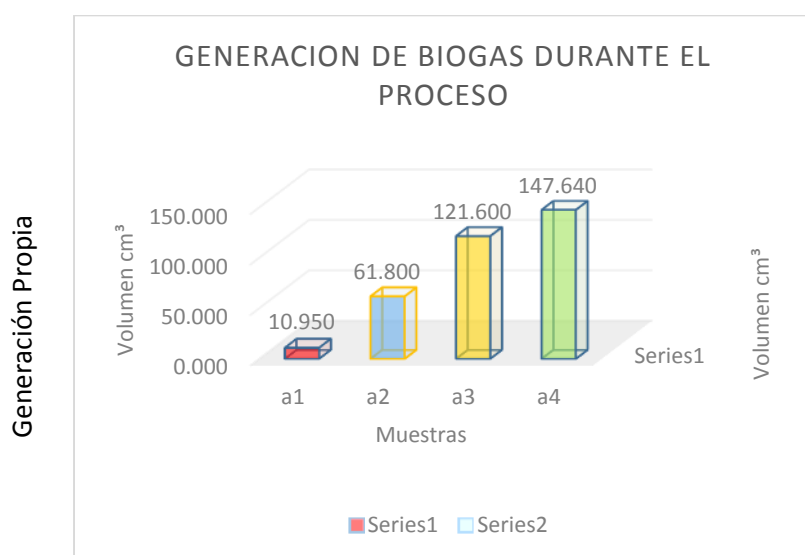


Diagrama del biodigestor

### Etapa experimental generación de biogás acorde a muestras

Durante la etapa experimental la generación de biogás en los cuatro biodigestores cargados conforme las muestras, se obtuvo los siguientes resultados: en la concentración a1 a los 9 días de cargado el biodigestor inicio la fermentación llegando a un máximo de 25.96 litros desde los 18 días hasta los 32 días que empezó a decaer terminando el proceso a los 37 días; en la concentración a2 a los 5 días de cargado el biodigestor inicia la fermentación y producción del biogás llegando a un máximo de 456.6 metros cúbicos desde los 16 días hasta los 43 días que empieza a decaer terminando el proceso a los 73 días; en la concentración a3 a los 5 días inicia la fermentación llegando a un máximo de 7078 metros cúbicos desde los 15 hasta los 54 días que empieza a decaer concluyendo su producción a los 73 días; en la concentración a4 inicia la fermentación llegando a un máximo de 7642 metros cúbicos diarios desde los 15 días hasta los 58 que se vuelve lento para lo cual se procedió a agitar diariamente concluyendo su producción a los 113 días. Durante los días más caluros la generación de biogás aumento, pero cuando la temperatura disminuye la producción de biogás bajó, pudiendo corroborar y determinar que la temperatura es un factor muy importante para la degradación y separación del metano de la materia orgánica. El detalle de la producción se adjuntó en el anexo.

Gráfico N° 33



Resumen del biogás obtenido por muestras

### **Generación de biogás pozo de oxidación Cajamarca**

La materia orgánica disponible en nuestra población se encuentra en diferentes formas como biomasa de residuos sólidos, industriales, aguas residuales entre otras; ésta última es la que se estudió, debido a su implicancia para la salud y el ambiente, además sabiendo que es un potencial energético disponible, se debe aprovechar. La concentración de los desechos orgánicos humanos en las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca, no tiene un adecuado manejo ni menos algún tipo de tratamiento desde hace ya varios años, existe un proyecto que esta truncado, donde ésta materia sigue siendo alcantarillada y derivada directamente a canales de riego y al río Mashcón, provocando daños a la vida y contaminación del ambiente. La cantidad de desechos orgánicos producidos por la población es de 8094.27 toneladas de materia seca que en concentración con aguas residuales conforma 49.307 toneladas diarias, de las cuales se podría obtener 44376 metros cúbicos de biogás, para ser aprovechado en la generación de energía eléctrica, usarlo como combustible de motores y como calor. Adicionalmente a esto debido a su tratamiento anaerobio descontamina las aguas y produce biól abono de buena calidad para las tierras, formando parte de material ecológico, y también al tener la disponibilidad de este producto se minimiza la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

El proyecto, como toda investigación se ajusta a realizar un análisis que muestre cuán lejos es las diferencias de las muestras a ensayar, teniendo en consideración que un estudio sin sus cálculos estadísticos hechos a los datos experimentales no muestra la confiabilidad ni certeza; para lo cual se considera de tal forma que una medida se debe reportar 3 o 4 veces para tratar de neutralizar el error accidental, tomar como valor real la medida aritmética simple de los resultados, el error absoluto de cada medida será la diferencia entre cada una de las medidas y ese valor tomado como exacto y el

valor relativo de cada medida será el error absoluto de la misma dividido por el valor tomado como exacto; aquí se aplicó el método de la varianza la cual nos muestra cuál de las concentraciones de los desechos orgánicos en las aguas residuales resulta ser más apropiado para la generación de biogás, corroborando de esta manera que ésta materia orgánica es un recurso con buen potencial energético, teniendo en cuenta que si no se manipula estos generan daños irreparables a la salud y al ambiente, el análisis demuestra que los desechos orgánicos humanos, al ser relacionados en proporciones adecuadas en el agua es el que incrementa la producción del biogás, ésta presenta una concentración de microorganismos compuestos en mayor porcentaje de metano, llegando a representar en un porcentaje al 48.2 % en muestras promedio de 10, 15, 20 y 25 kg, con 40 litros de agua, con márgenes de error que genera confianza al análisis.

Desde las épocas en que se viene desarrollando la tecnología de generación de biogás mediante el proceso anaerobio, el principal componente es el recinto donde se fermenta la materia o biomasa, debido que tiene que cumplir con características técnicas que permita realizar la digestión eficientemente; de acuerdo a estudios realizados se tiene en consideración sea hermético, permita conservar la temperatura apropiada, que sea una estructura donde los fluidos sean fáciles de manipular que no comprometan a fallas lleven a ocasionar errores en la producción; en consideración se diseñó un prototipo ajustado a las condiciones utilizando depósitos y accesorios de PVC interconectados apropiadamente con tuberías, válvulas, accesorios de protección y control, permitiendo llevar adecuada y eficientemente el proceso y la obtención de biogás

Como ya conocemos el volumen del biodigestor, entonces los cálculos para saber la cantidad de afluente y agua a procesar en el biodigestor debe ser teniendo en cuenta la masa seca esto porque la materia sin deshidratar contiene un porcentaje de agua y hay que

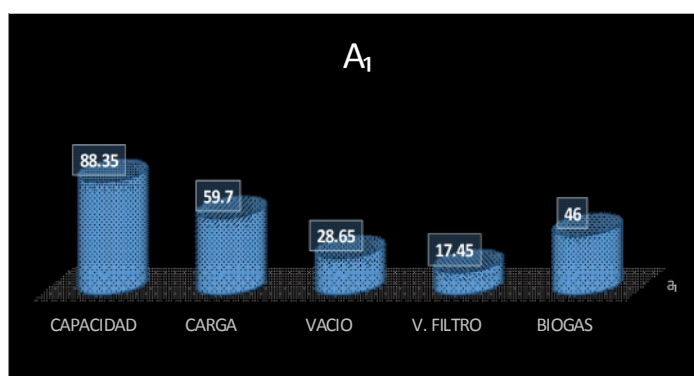


restar para precisar la concentración es por eso que se calcula con la MS:

**Interpretación:** En los gráficos N° 34, 35, 36, 37 y 38, se muestra la capacidad del biodigestor, la carga de materia orgánica determinada de acuerdo a las muestras a ensayar, el espacio vacío dispuesto para acumular el gas, la capacidad del volumen del filtro y acumulación del gas, y la cantidad de biogás que se acumula para su utilización, como se distribuye las carga y espacios; este mismo detalle se aplica en cada muestra y es conforme se ve en cada figura.

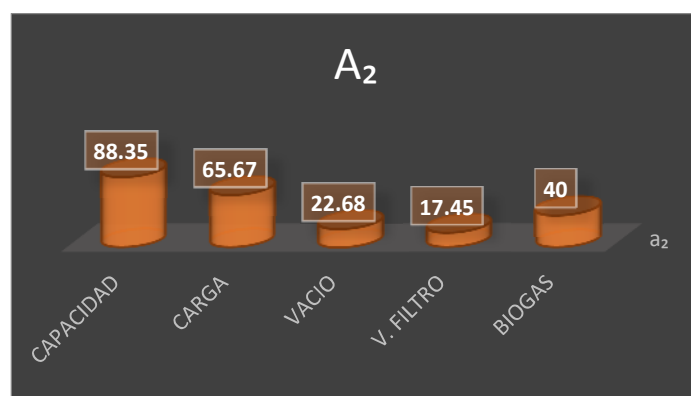
Nivel a1:

**Gráfico N° 34**



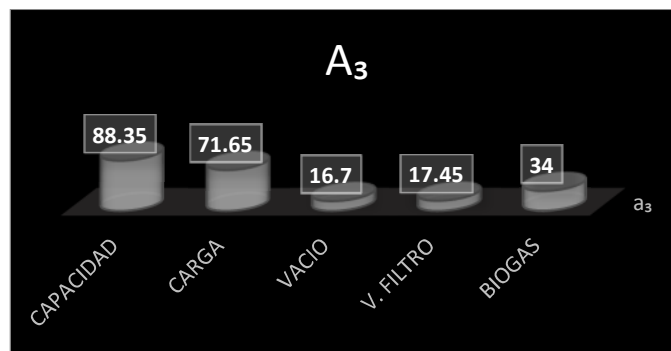
Nivel a2:

**Gráfico N° 35**



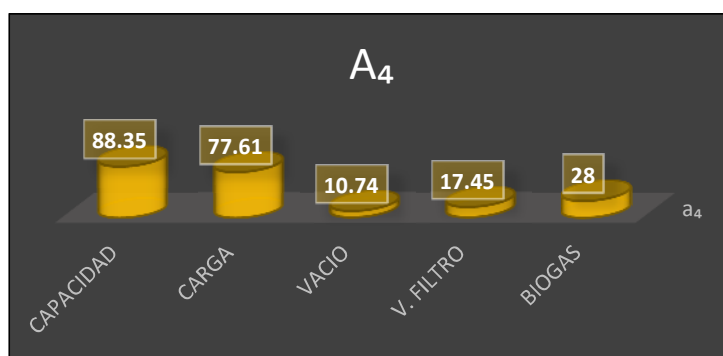
Nivel a3:

Gráfico N° 36



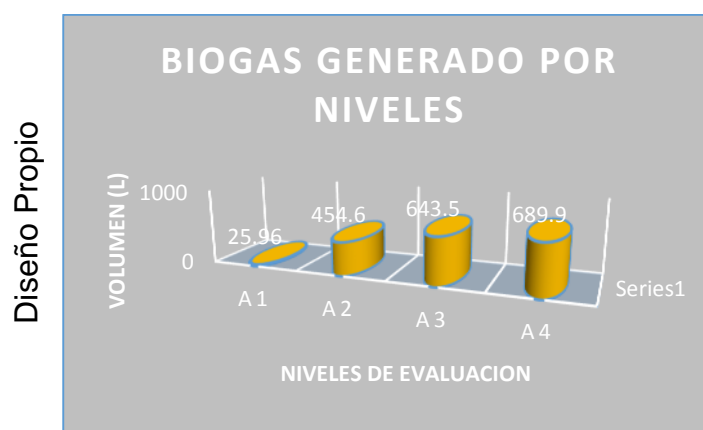
Nivel a4:

Gráfico N° 37



**Interpretación:** En el gráfico N° 38 se muestra el volumen de biogás que se genera en cada biodigestor y por cada muestra.

Gráfico N° 38



Producción de biogás en los cuatro niveles

### 3.1.2 Construcción del Biodigestor

Los Biodigestores están conformados por bidones de PVC de 88 litros, color azul, tiene una tapa con empaquetadora y un cinturón ajustable a presión, adecuando con tubería para ingreso de la concentración, tuberías y válvulas para salidas del biogás.

Gráfico N° 39



Imagen propia

Biodigestores en operación

Gráfico N° 40



Diseño propio

Construcción de biodigestores

Gráfico N° 41

Imagen propia



Carga de biodigestores

Gráfico N° 42

Imagen propia



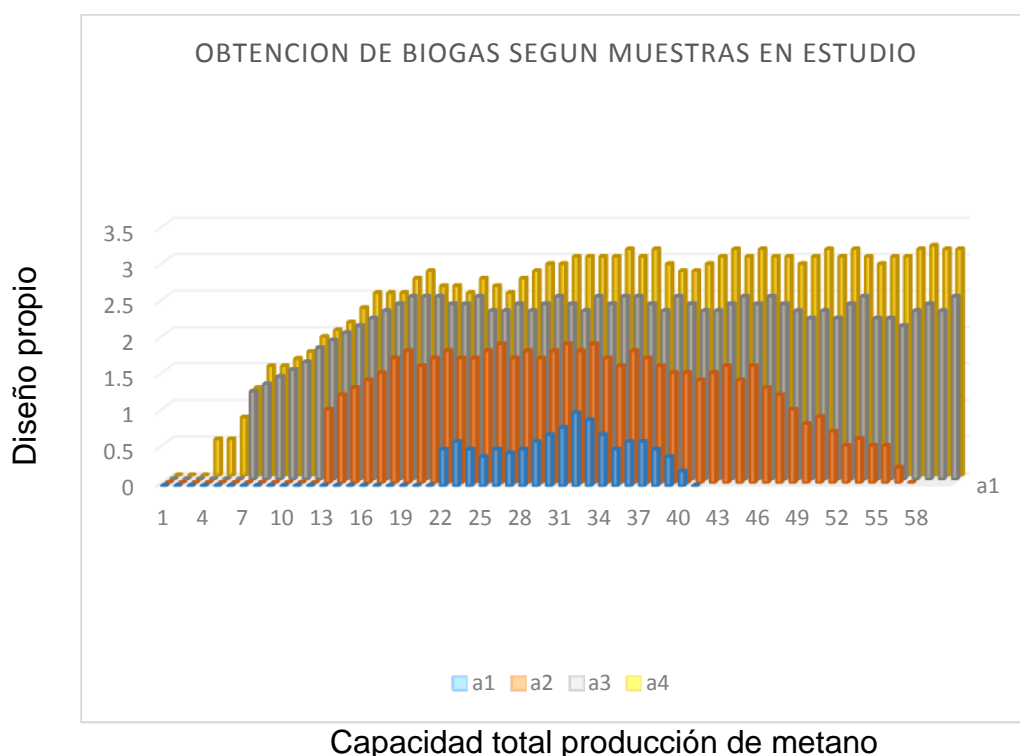
Pesando y homogenizando la concentración



**Detalle de los resultados obtenidos por niveles de estudio en la generación de biogás.**

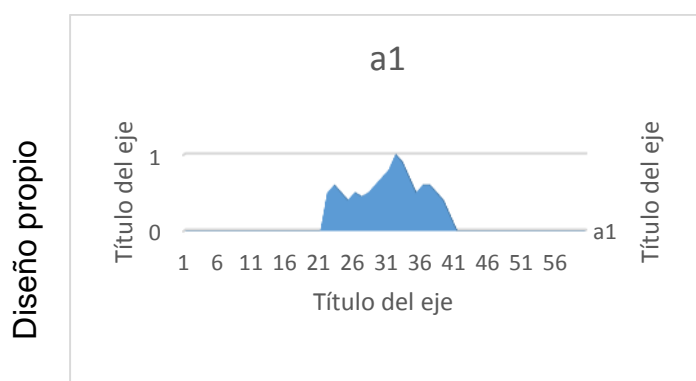
**INTERPRETACION:** En el Gráfico N° 43 se presenta los volúmenes obtenidos de biogás ( $\text{CH}_4$ ) producido por procesos anaerobio a concentraciones de 10, 15, 20 y 25 kilogramos de residuos orgánicos humanos y 40 litros de agua residual, a temperatura ambiente durante 60 días de retención.

**Gráfico N° 43**



**INTERPRETACION “a1”:** En el Gráfico N° 44 se presenta los volúmenes obtenidos de biogás ( $\text{CH}_4$ ) producido por procesos anaerobio en la concentración de 10, kilogramos de residuos orgánicos humanos y 40 litros de agua residual, a temperatura ambiente durante 60 días de retención. Se observa que la generación inicia a los 14 días aumentado su producción a un máximo de 1.8 litros de biogás hasta los 30 días, posterior decae y genera hasta los 49 días.

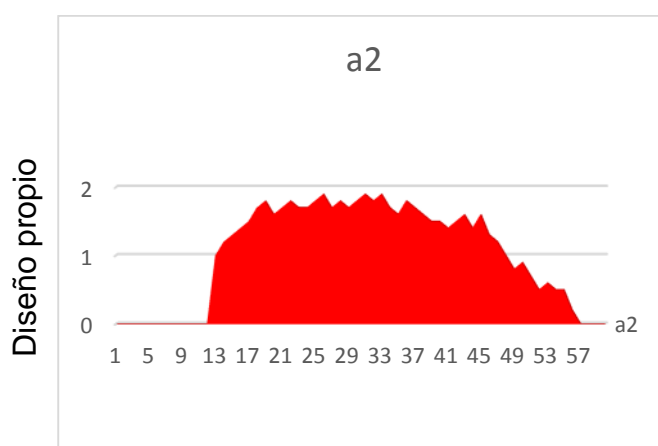
**Gráfico N° 44**



Producción de biogás concentración 10/40 kg/l

**INTERPRETACION “a2”:** En el Gráfico N° 45 se presenta los volúmenes obtenidos de biogás ( $\text{CH}_4$ ) producido por procesos anaerobio en la concentración de 15, kilogramos de residuos orgánicos humanos y 40 litros de agua residual, a temperatura ambiente durante 60 días de retención. Se observa que la generación inicia a los 5 días aumentado su producción a un máximo de 10 litros de biogás hasta los 45 días, posterior empieza a decaer, debido a la cantidad de materia orgánica y capacidad de agua el gas baja, sin embargo, se observa que la generación de biogás es buena, se puede aplicar a sectores rurales y alejados donde no llega el suministro eléctrico.

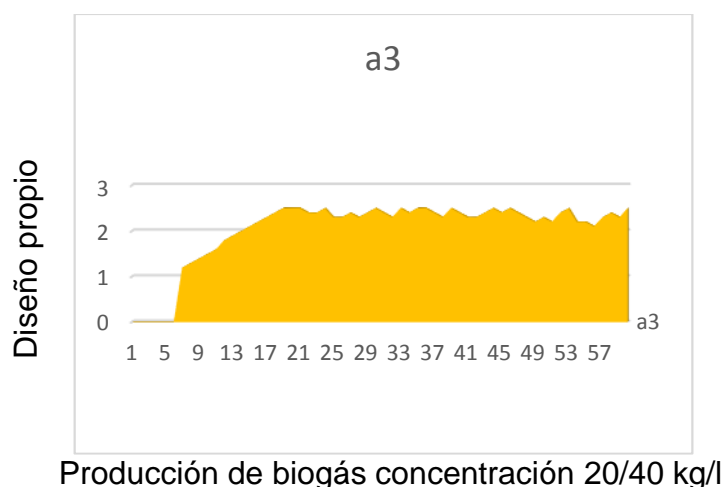
**Gráfico N° 45**



Producción de biogás concentración 15/40 kg/l

**INTERPRETACION “a3”:** En el Gráfico N° 46 se presenta los volúmenes obtenidos de biogás (CH<sub>4</sub>) producido por procesos anaerobio en la concentración de 20, kilogramos de residuos orgánicos humanos y 40 litros de agua residual, a temperatura ambiente durante 60 días de retención. Se observa que la generación inicia a los 5 días aumentado su producción a un máximo de 13.5 litros diarios de biogás en forma constante superando los 60 días, posterior a 75 días empieza a decaer se realizó agitación y recupera su producción, a los 95 días empieza a decaer terminando su producción a los 120 días, con esta concentración se observa que la generación de biogás es adecuada para un sistema sin tecnología, se puede aplicar en lugares de población regular que se requiera potencia eléctrica para pequeña producción .

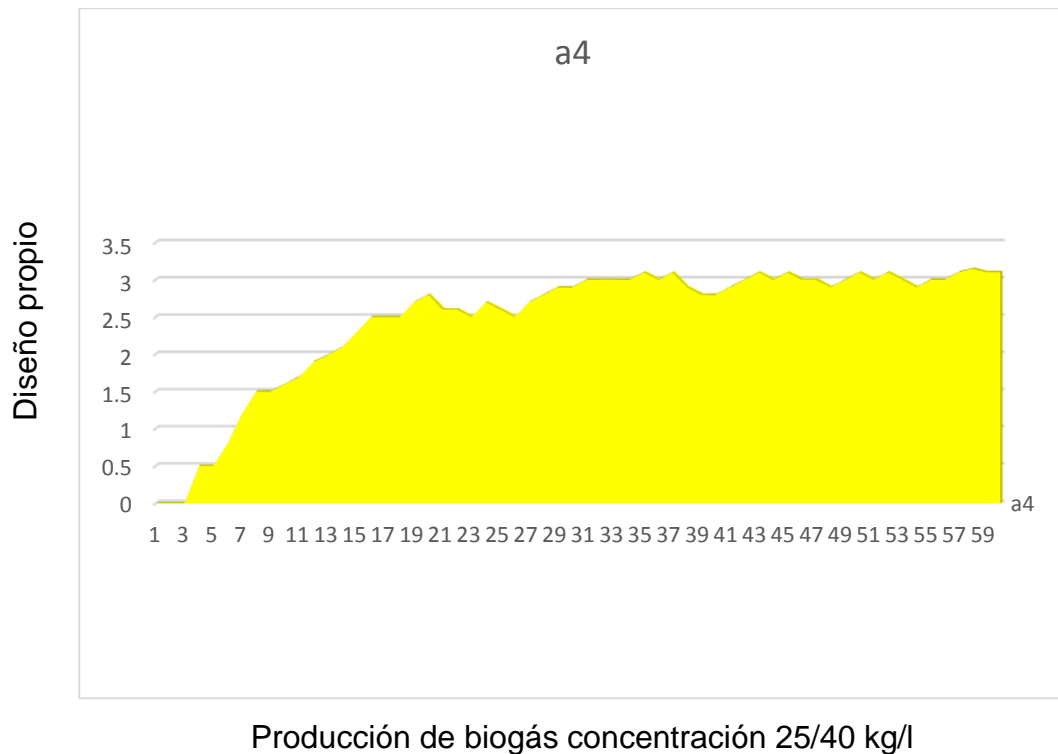
**Gráfico N° 46**



**INTERPRETACION “a4”:** En el Gráfico N° 47 se presenta los volúmenes obtenidos de biogás (CH<sub>4</sub>) producido por procesos anaerobio en la concentración de 25, kilogramos de residuos orgánicos humanos y 40 litros de agua residual, a temperatura ambiente durante 60 días de retención. Se observa que la generación inicia a los 5 días aumentado su producción a un máximo de 14.5 litros diarios de biogás en forma constante superando los 60 días, posterior a estos días empieza a decaer se realizó agitación y recupera su producción, requiriendo agitación

constante hasta que empiece a decaer terminando su producción a los 135 días, con esta concentración se observa que la generación de biogás es adecuada para un sistema con tecnología, se puede aplicar en ciudades con una población amplia y puede utilizarse para generar energía eléctrica y conectarlo al sistema interconectado nacional

**Gráfico N° 47**

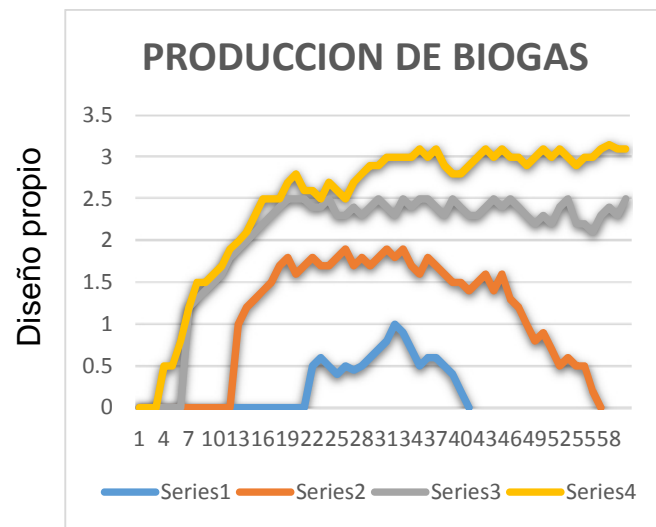


#### **Detalle de la producción de biogás por concentraciones en cada nivel**

La concentración más apropiada en relación a las muestras de 10, 15, 20 y 25 kilogramos de desechos orgánicos humanos y las aguas residuales es conforme de muestra en el Gráfico N° 45, donde se puede observar que al aumentar los desechos orgánicos humanos se genera más biogás, sin embargo en las relaciones de 20 y 25 las más apropiadas destaca la de 20/40 ya que no requiere aplicar otro mecanismo más que el proceso normal hasta culminar con la degradación, a diferencia de la 25/40 que requiere implementar un mecanismo o tecnología para agitar y continuar con la generación de biogás.

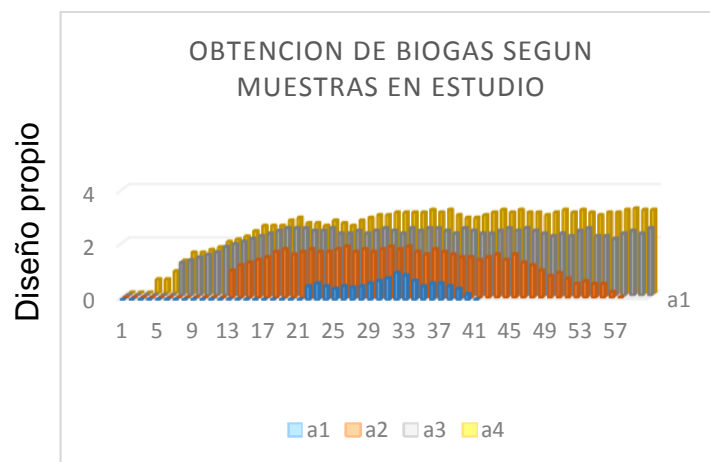


Gráfico N° 48



Avance generación de biogás en los cuatro niveles

Gráfico N° 49



Diferencia de biogás producido por muestra

### Anexo E. Detalle del objetivo “c”

**Realizar evaluación económica para generar biogás en los pozos de oxidación de la ciudad de Cajamarca.**

Costos involucrados en el desarrollo del proyecto

**Tabla N° 12**

#### RESUMEN

Diseño propio

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b>			
1.00	UTILES DE LABORATORIO	glb	160.00
2.00	MATERIAL PARA BIODIGESTOR	glb	1310.90
3.00	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	glb	114.00
4.00	MATERIA PRIMA Y PRODUCTO QUIMICO	glb	35.00
	<b>SUB TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES</b>		<b>S/.1,619.90</b>
<b>MANO DE OBRA Y GASTOS GENERALES</b>			
5.00	CONSTRUCCION Y PRUEBAS	glb	720.00
6.00	EQUIPOS Y UTILES DE OFICINA	glb	311.50
7.00	USO HERRAMIENTAS	glb	77.50
8.00	GASTOS GENERALES	glb	1915.00
	<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA Y GASTOS GENERALES</b>		<b>S/.3,024.00</b>

**TOTAL GENERAL S/.4,643.90**

Costo general del proyecto

**Tabla N° 13**

**SUMINISTRO DE MATERIALES**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>1.00</b>	<b>UTILES DE LABORATORIO</b>				<b>S/.160.00</b>
1.01	Vaso de precipitación (1 litro)	u	1	40.00	40.00
1.02	vaso de precipitación (250 ml)	u	1	20.00	20.00
1.03	Burueta graduada (25 ml)	u	1	25.00	25.00
1.04	Pipeta graduada (25 ml)	u	1	15.00	15.00
1.05	Mechero bunsen	u	1	60.00	60.00
<b>2.00</b>	<b>MATERIAL PARA BIODIGESTOR</b>				<b>S/.1,310.90</b>
2.01	Bidón por 70 litros con suncho	u	4	50.00	200.00
2.02	Bidón aceitunero por 20 litros	u	4	20.00	80.00
2.03	Tubo PVC de 2"x3m	u	12	8.50	102.00
2.04	Unión universal PVC de 2" C/R	u	4	20.60	82.40
2.05	Válvula esférica PVC 150 PSI C/R	u	8	23.30	186.40
2.06	Codo PVC 2"x90° Salida iny. Plast	u	16	0.90	14.40
2.07	Tubo PVC de 1/2"x5m	u	2	9.90	19.80
2.08	Reductor PVC C10 S/P de 2" a 1/2"	u	12	3.10	37.20
2.09	Unión en T de PVC 1/2"	u	8	0.80	6.40
2.10	Codo PVC 1/2"x90° Salida iny. Plast	u	8	0.70	5.60
2.11	Unión universal PVC de 1/2" C/R	u	8	1.00	8.00
2.12	Tapón rosca de PVC 1/2"	u	8	0.60	4.80
2.13	Unión en T de PVC 2"	u	4	1.20	4.80
2.14	Válvula esférica para gas CIM11/G	u	8	32.50	260.00
2.15	Manguera Premium p/glp de 3/8"	m	8	2.90	23.20
2.16	Formador de empaquetaduras 130g	u	1	7.90	7.90
2.17	Cámara FR15	u	4	34.50	138.00
2.18	Cinta teflón	u	4	2.50	10.00
2.19	Medidor de presión PSI y BAR	u	4	30.00	120.00
<b>3.00</b>	<b>EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL</b>				<b>S/.114.00</b>
3.01	Guantes quirúrgicos N° 12	u	4	2.00	8.00
3.02	Traje descartables color blanco	u	4	12.00	48.00
3.03	Respirador descartable	u	4	3.00	12.00
3.04	Tocas para la cabeza color blanco	u	4	1.00	4.00
3.05	Lentes color blanco	u	4	3.00	12.00
3.06	Manta de plástico de 3x3m	u	1	30.00	30.00
<b>4.00</b>	<b>MATERIA PRIMA Y PRODUCTO QUIMICO</b>				<b>S/.35.00</b>
4.01	Excremento humano	kg	70	0.00	0.00
4.02	Alcohol etílico por 1 litro	u	1	15.00	15.00
4.03	Aserrín de fierro	u	4	5.00	20.00

Total suministro de Material de Construcción **S/.1,619.90**

*Gasto en suministro de materiales*

Tabla N° 14

**MANO DE OBRA Y GASTOS GENERALES**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>5.00</b>	<b>CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS</b>				<b>S/.720.00</b>
5.01	Conexiónado e Instalacion por digestor	glb	4	40.00	160.00
5.02	Montaje y soporte de un digestor	glb	4	10.00	40.00
5.03	Preparacion de digestor con aguas residuales	glb	4	5.00	20.00
5.04	Obtencion de muestras por digestor	glb	4	50.00	200.00
5.05	Toma de parametros de presion y peso	glb	4	20.00	80.00
5.06	Procesamiento de informacion y resultado	glb	4	50.00	200.00
5.07	Limpieza y Eliminacion de desechos	glb	4	5.00	20.00
<b>6.00</b>	<b>EQUIPOS Y UTILES DE OFICINA</b>				<b>S/.311.50</b>
6.01	Uso de Computadora	hm	36	3.00	108.00
6.02	Impresora	hm	2	5.00	10.00
6.03	Lapicero	u	1	2.00	2.00
6.04	Resaltador	u	1	2.50	2.50
6.05	Papel bond A4 80 mg por un millar	u	1	14.00	14.00
6.06	Tinta para impresora de color	u	4	40.00	160.00
6.07	Camara fotografica	hm	3	5.00	15.00
<b>7.00</b>	<b>USO HERRAMIENTAS</b>				<b>S/.77.50</b>
7.01	Taladro 200 w	u	4	2.00	8.00
7.02	Brocas de 2"	u	4	12.00	48.00
7.03	Brocas de 1/2"	u	4	3.00	12.00
7.04	Martillo de goma	u	4	1.00	4.00
7.05	Ouchillo de mecanico	u	4	0.50	2.00
7.06	Destornilladores	jgo	1	1.00	1.00
7.07	Llave francesa	u	1	0.50	0.50
7.08	Alicate de corte	1	1	0.50	0.50
7.09	Alicate universal	1	1	0.50	0.50
7.10	Llave estilson	1	1	1.00	1.00
<b>8.00</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>				<b>S/.1,915.00</b>
8.01	Asesoramiento e investigación	glb	1	1500.00	1500.00
8.02	Transportes y Movilidad	glb	1	200.00	200.00
8.03	Servicio de energía eléctrica	glb	1	20.00	20.00
8.04	Servicio de Telefonía	glb	1	20.00	20.00
8.05	Viáticos	glb	1	160.00	160.00
8.06	Servicios de Internet	glb	1	15.00	15.00

Gastos generales de investigación y construcción

**S/.3,024.00**

Gastos mano de obra y operativos

## Anexo F. Vistas fotográficas





LOCERIA Y CRISTALERIA  
VIRGEN DE LA PUERTA EIRL  
JR. CHANCHAMAYO SN BARRIO LA MERCED  
(MERCADO MODELO-PUESTO 02)  
RUC 20495986374  
LCVP\_EIRL HOTMAIL.COM  
TELF. 076-367452 - 076-368290  
CAJAMARCA - PERU  
SERIE TICKETERA: FFFF013691

---

TICK BOLETA: 001 79040  
VEND: EDER 02  
TM: 1 30/10/2016 11:09  
CODIGO: 27573235  
NOMBRE: wilder alvites villegas

DIRECCION:

\*\*\* V \*\*\*

CANT	UNIDA	CODIGO	PRODUCTO	TOTAL
<hr/>				
BIDON X 70 LT.	C/SUNCHO		"	
4.00	UND		50.00	200.00
BIDON ACEITUNERO 20 LT	"			
4.00	UND		20.00	80.00
TOTAL VENTA		S/.	:	280.00
PAGO CON CONTADO			:	300.00
VUELTO		S/.	:	-20.00

GRACIAS POR SU COMPRA

**SODIMAC**  
**SODIMAC PERU S.A.**  
AV. ANTONIO ESTE 800. 1805 INT. 2  
(OFICINA 2)  
LIMA-LIMA-SURQUILLO  
RUC: 20389230724

S/N: 00000000023510  
BOLETA DE VENTA ELECTRONICA

8444 - 00036897

LOCAL : 00024  
FECHA EMISION : 21/04/2017  
HORA : 15:53:24  
CAJERO : 0006  
CAJERO : 103 DRAISY CAMP

---

217204 UNION UNIVERSAL		
3 CU X	13.40	40.20
1584365 REDUC.1 1/2" X		
4 CU X	6.20	24.80
1986953 BUJE DE REDUCCI		
8 CU X	1.70	13.60
1865277 TAPON HENRA PV		
4 CU X	6.40	25.60
1984306 REDUCC.1 1/4" X		
4 CU X	4.90	19.60
217077 VALV BOLA P/V 1		
4 CU X	3.90	15.60
1865706 ADAPTADOR PVC U		
14 CU X	1.50	21.00

---

SUBTOTAL	S/	160.40
Numero de Items = 7		
OP. GRAVADA	S/	135.93
IGV 18.00%	S/	24.47
IMPORTE TOTAL	S/	160.40

---

TV REF : 2502	S/	160.40
---------------	----	--------

---

# COTIZACION: 006-00008093

FROM: 11/01/2016  
 SERVICIO: ALFONSO FLORENTE TOVILLA S.A  
 DIRECCION: AL RENO REGISTRO CARRETERO N° 763 CAJAMARCA  
 TELEFONO: FMO  
 ATEN: REPRESENTACION  
 REMISIONAL: 01/01/2016

## Estimados señores,

Por medio de la presente nos da gusto cotizarle lo siguiente:

ITEM	CODIGO	MARCA	DESCRIPCION	U.M.	CANT.	P.UNIT.	DICHO(%)	TOTAL
1	4000102	SMITH	TUBO PUL GAL. PISTONALES DE 2" X 1/4" DIFUSION/AST B	UNO	1,00	8,500	0,00	8,500
2	4000107	SMITH	TUBO PUL GAL. PISTONALES DE 1 1/2" X 3/8" DIFUSION/AST B	UNO	1,00	8,800	0,00	8,800
3	4000101	SMITH	TUBO PUL. HERRERA PULVERIZADOR 2" X 1/4" CARBONADO 20 #	MTS	5,00	2,900	0,00	14,500
4	4000103	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	20,000	0,00	20,000
5	4000104	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	21,300	0,00	21,300
6	4000105	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	17,800	0,00	17,800
7	4000106	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	32,500	0,00	32,500
8	4000107	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	3,070	0,00	3,070
9	4000108	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	4,800	0,00	4,800
10	4000109	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	5,100	0,00	5,100
11	4000110	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	5,000	0,00	5,000
12	4000111	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	5,100	0,00	5,100
13	4000112	SMITH	VALV. UNID. UNID. PULVERIZADOR 1 1/2" CARBONADO 20 #	UNO	1,00	7,500	0,00	7,500

EN: BOLES	VAL DE VENTA: S/.	FEY: S/.	DE: S/.	TOTAL: S/.	406.98
-----------	-------------------	----------	---------	------------	--------

CONDICIONES DE PAGOS: CONTADO

VALIDEZ: 5 dias

COORDINACION

PLAZO DE ENTREGA: SEGUN STOCK INVENTARIO

GARANTIA: 12 MESES

En caso de particular, quedamos de ustedes.

ALDO VILLALBA

[illegible]

**Anexo H. Planos originales de ubicación del proyecto, diseño y biodigestor.**